



MERIDIAN

DEFINING CANADA'S EXTENDED CONTINENTAL SHELF IN THE ARCTIC

Jacob Verhoef and Julian Goodyear

Defining Canada's Extended Continental Shelf in the Arctic	1
Impacts of Arctic Storms and Climate Change on Coastal Oceanographic Processes	82
Shaping Tomorrow's Northern Ecosystem: Arctic Insects, Spiders, and Their Relatives in a Changing Climate	13
From Student to Researcher: Lessons from an NSERC Northern Research Internship	17
The Brandon University Northern Teacher Education Program: Two Way Teaching and Learning	22
Book Review	25
New Books	27
Horizon	28

The United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) has sometimes been called the constitution of the oceans. With a total of 161 state parties, including Canada, which ratified it in 2003, the Convention has become one of the most broadly accepted treaties in the world. Its broad range of provisions deal with marine scientific research, navigation, resource development, protection of the marine environment, fisheries management, and dispute settlement.

The Convention establishes a series of maritime zones with corresponding rights and obligations. All coastal states, for example, are entitled to a continental shelf of 200 nautical miles (nm), or further if they meet certain criteria – as it may be the case for Canada and between 60 and 70 other states. A state has sovereign rights over the natural resources on and under the seabed of its continental shelf, and jurisdiction over some activities, such as marine scientific research. The seabed beyond the continental shelves is called the Area. The Area and its mineral resources are considered the common heritage of mankind and are administered by the International Seabed Authority.

those extending beyond 200 nm, are exclusive and do not depend on occupation or proclamation. However, states do need to determine with precision the area in which they may exercise these rights. In article 76 the Convention sets out a process for doing this.

To demonstrate that it meets the requirements of article 76 the coastal state must collect the geological and geomorphological data necessary for defining its extended continental shelf. Article 76 provides formulae for measuring the continental shelf seaward, as well as constraints beyond which the shelf cannot extend. The shape of the seafloor, its depth, and the thickness of the underlying sedimentary layer are the crucial factors. Coastal states apply these formulae and constraints to produce an outer limit and file a submission to the Commission on the Limits of the Continental Shelf (CLCS).

The CLCS – whose members are experts in geology, geophysics, or hydrography, elected by state parties to the Convention for a five year term – considers the submission and sends back its recommendations. If the state accepts these it then develops regulations to enact the coordinates (latitude and longitude) of the shelf and files them with the United Nations. Only the coastal state can establish the outer limits of its shelf, and once it does so, based on the recommendations of the CLCS, the limits are final and binding. It is important

UNCLOS AND ARTICLE 76

The sovereign rights a state has over the resources of its continental shelf, including



Figure 1
Canada's potential extended continental shelf based on a preliminary study in the mid 1990's. The brown line denotes Canada's Exclusive Economic Zone (EEZ) and the green line gives the preliminary outer limit of the extended shelf. The graphic is for illustrative purposes only.

to note that the CLCS has no mandate to resolve disputes between states and that the actions of the CLCS are without prejudice to the delimitation of boundaries between coastal states. Disputes have to be resolved by the states involved through negotiation or a dispute settlement process.

States have ten years from the date they became party to the Convention to make their submission to the CLCS. Each country has a different deadline depending on when it joined. Canada ratified UNCLOS in December 2003 and so it must submit in December 2013.

CANADA'S EXTENDED CONTINENTAL SHELF PROGRAM

In the mid 1990's, Canada conducted a desktop study using existing data sets to give a preliminary indication of its extended continental shelf according to Article 76 (Figure 1). This analysis demonstrated that Canada potentially has a large extended continental shelf – the size of the three prairie provinces – in both the Atlantic and Arctic Oceans. (GSC, 1994).

After Canada ratified UNCLOS, work began to acquire the data needed for a scientifically sound and defensible submission to the CLCS. Securing international recognition for the full extent of Canada's continental shelf is a priority for the Government of Canada.

Canada's Extended Continental Shelf

(ECS) program is the joint responsibility of Foreign Affairs and International Trade Canada (DFAIT), the Geological Survey of Canada (GSC), Natural Resources Canada and the Canadian Hydrographic Service (CHS), and Fisheries and Oceans Canada (DFO). Foreign Affairs and International Trade Canada provides the legal expertise and advice and is responsible for preparing and presenting the submission to the CLCS. The GSC and the CHS undertake the necessary scientific and technical work. This includes bathymetric and seismic surveys to determine the foot of the slope of the continental shelf, mapping the 2500-metre depth contour, and measuring sediment thickness to determine the point where the sediment thickness is 1% of the distance to the foot of the slope. Surveys are also needed to find out whether submerged elevations are natural extensions of the continental shelf.

We have designed a continental shelf survey program for the Atlantic and Arctic Oceans. The Atlantic surveys were done in 2006, 2007 and 2009, and the data is now being analyzed. We are currently collecting data in both the eastern and western Arctic.

THE ARCTIC PROGRAM

The Arctic Ocean is one of the most understudied oceans in the world. Its remoteness, harsh environment, unpredictable weather and ice, and its short field seasons, make research technologically challenging. Ice conditions in the western Arctic generally allow us to use heavy icebreakers, but in the eastern Arctic this is often very difficult, if not impossible. As a result, large expanses of the Arctic Ocean remain unmapped (Figure 2) and

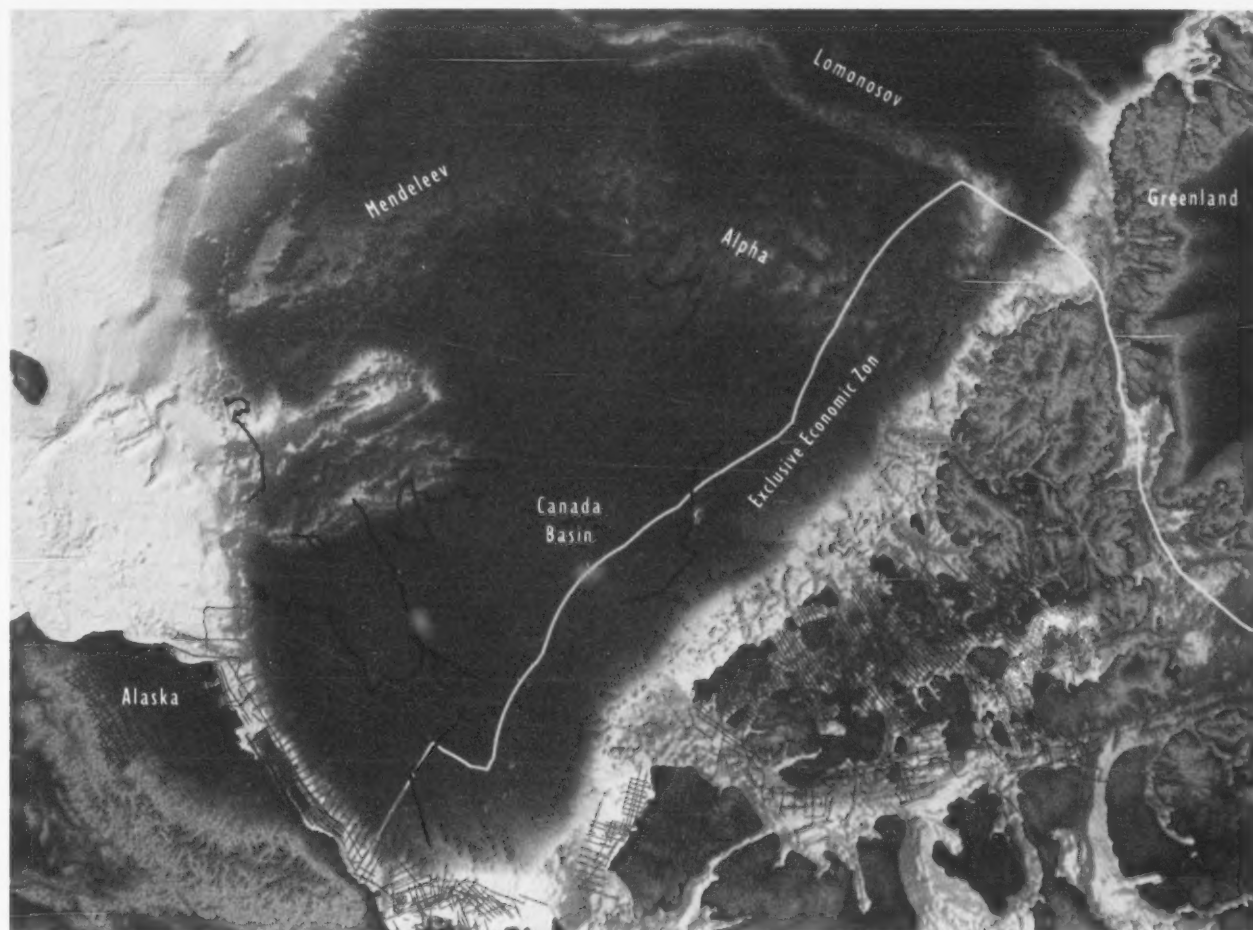
there is insufficient data to reliably determine the limits of the continental shelf.

The geology of the Arctic Ocean is complicated. The Canada Basin in the west has a flat seafloor covered by a thick layer of sediments (Figure 2). Their thickness, the key factor, is being determined by seismic and bathymetric surveys conducted by icebreaker. The Eastern Arctic, in contrast, is dominated by two large submarine mountain ranges, the Lomonosov and Alpha-Mendelev ridges. To establish the outer limits of the continental shelf in the eastern Arctic, the first step is to demonstrate whether these features are naturally linked extensions of Canada's continental shelf. We investigate this from offshore base camps constructed on the ice, using helicopters, other aircraft, and undersea vehicles to collect data. Figure 3 shows the overall five year survey plan.

INTERNATIONAL COLLABORATIONS

Our neighbouring Arctic Ocean coastal states, Russia, Norway, Denmark, and the US, are all at different stages in defining their extended continental shelves. Russia's 2001 submission was the first to be filed with the CLCS, which recommended it be revised. Russia is now collecting more data and working on the revisions. Norway, whose 2006 submission received positive recommendations in 2009, is now in the process of establishing its outer limits. Denmark's deadline is November 2014, and that country has made partial submissions for areas around the Faroe Islands and is

Figure 2
General bathymetry of the Arctic Ocean (based on the International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean, Jakobsson et al., 2000). Also shown are the seismic data in and around the Canada Basin which were collected prior to Canada's ECS surveys.



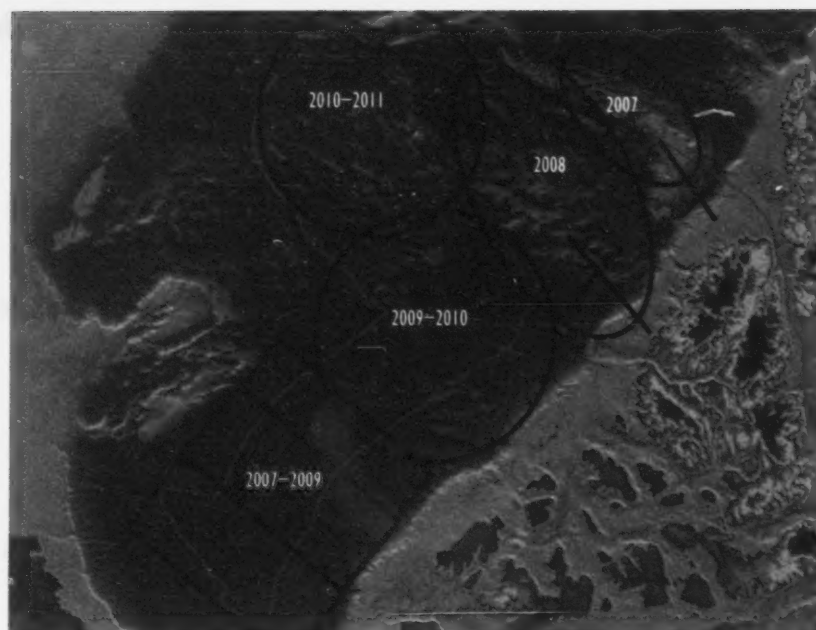


Figure 3
Canada's Arctic survey plan. The circles indicate areas where the data would be collected using ice camps. The rectangles denote areas where icebreakers would be used. The heavy dark lines denote the refraction surveys over Lomonosov and Alpha ridges.

collecting and interpreting data for shelf areas around Greenland. The US is not currently a party to UNCLOS but is nonetheless collecting data to define its shelf.

Like Canada, its neighbours are also involved in data collection in the Arctic. Since this is a challenging and expensive undertaking, Canada has explored and implemented partnerships to collect data of mutual benefit. This cooperation mitigates the risks associated with innovative data collection in a high risk environment by providing more options for getting the work done. It reduces costs and environmental impacts while a common data interpretation by neighbouring countries enhances the probability of a successful submission.

Over the past five years Canada has worked with Denmark on seven joint surveys of the continental shelf north of Ellesmere Island and Greenland as well as in the Labrador Sea. We have also interpreted and published the results jointly with our Danish partners. In the western Arctic Canada has conducted three joint surveys with the United States (2008, 2009, and 2010) a fourth is planned for 2011. The two countries have interpreted and

presented the data together, and joint publications are in preparation. Canadian, Danish and Russian officials have in fact met annually since 2007 to discuss their respective continental shelf research and have been joined by officials from the US (from 2009) and Norway (2010).

CANADA'S EASTERN ARCTIC PROGRAM

It is in the interest of both Canada and Denmark (Greenland) to establish that the Lomonosov Ridge is a natural prolongation of the continent. For Canada it is also important to show that this holds true as well for the Alpha Ridge. The bathymetry shows a trough north of Ellesmere Island that seems to separate the ridges from the mainland. Determining whether the ridges are in fact separate requires an image of the crustal structure below the seafloor. This can be obtained using seis-

mic surveys to measure the crustal seismic velocities of the ridges (Figure 4) in order to compare them to those on the adjacent continent. In addition, the shape of the seafloor and the ridges can be measured using helicopters to conduct bathymetric spot-soundings.

Canada and Denmark collaborated in the spring of 2006 on the LORITA project (Lomonosov Ridge Test of Appurtenance) to conduct seismic and bathymetric surveys on the Lomonosov Ridge, using the Canadian Forces Station Alert as the main base and establishing a small ice camp about 100 km offshore. The project achieved its main objective, and collected high quality seismic data despite losing 65–70% of the days to bad weather. The scientific paper (Jackson *et al.*, 2010) that resulted from joint interpretation of the data concluded that there is continuity of the continental crust from the coasts of Ellesmere Island and Greenland across the trough and on to the Lomonosov Ridge, and that there is no intervening oceanic crust.

The next step was to do a similar project for Alpha Ridge. In March–April 2008 we conducted the ARTA (Alpha Ridge Test of Appurtenance) on-ice refraction experiment to

Figure 4
Image of the seismic recorders used in the LORITA and ARTA experiments. About 150 recorders were put on the ice, 1–2 km apart and this configuration was used to record crustal velocities. Photo: R. Jackson, GSC.



establish the ridge's structure. Our base was a large ice camp (Figure 5) near the mouth of Nansen Sound (Ellesmere Island) as well as a small camp about 100 km offshore. The results of this experiment have not yet been fully analyzed and published, but initial results have been presented (Funck *et al.*, 2010).

In the spring of 2009, we undertook a joint survey project with Denmark and collected a large amount of bathymetric data to measure the shape of the seafloor between the Alpha and Lomonosov ridges. This work again needed a large ice camp near shore. Building a large ice camp, including flattening a runway for the supply aircraft, is time consuming and expensive, but it generally works well. The predominant concern during all these surveys was the unpredictable weather: open leads caused ice fog, which grounded the helicopters, which meant less data was collected. Moreover, the area further offshore became dangerous because of floes breaking up, causing in 2009 the emergency evacuation of the smaller offshore camp. The eastern Arctic work in 2010 and 2011 (Figure 3) is even further from shore, again requiring the construction of large camps. Given the 2009 experience, the general opinion was that this would be very risky

One alternative, using icebreakers, did not appear feasible: a joint survey with the Danes in 2007, using the Swedish icebreaker *Oden* accompanied by a powerful Russian

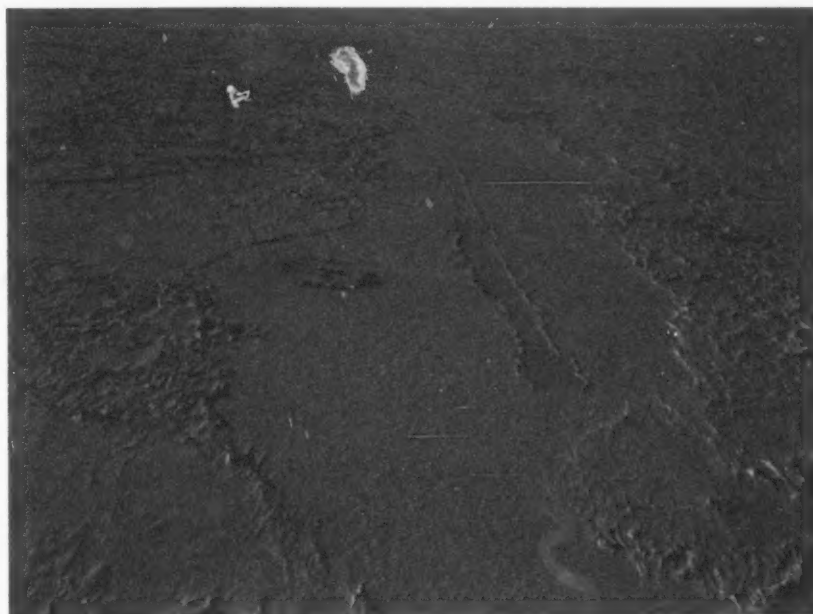


Figure 5
Image of the ice camp during the ARTA experiment, located offshore Ellesmere Island. Also shown is the runway, which was constructed to allow the aircraft to bring the equipment and supplies to the camp. Image: courtesy of Jon Biggar, CHS.

nuclear icebreaker, had failed to get into the area. That experience convinced us that we needed the capability to go under the ice rather than just on top of it or through it, and in September 2008 we initiated a joint project with DRDC (Defence Research and Development Canada) to collect data with autonomous underwater vehicles.

AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE (AUV)

The AUV was built by Vancouver-based International Submarine Engineering Ltd. About seven metres long, it is battery powered, can cover 400 km and dive to 5,000 metres, and carry a high resolution multi-beam bathymetry system. At the end of each mission, the batteries can be recharged, the data downloaded, and the AUV sent out on another mission – all without removing the vehicle from the water.

The AUV starts its mission at the main camp near land and finishes at a remote offshore camp (Figure 6A). A typical mission will take about three days, during which there is no communication with the vehicle. During that period the offshore camp, which

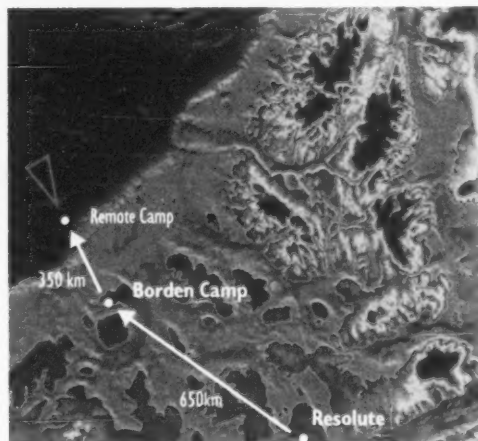


Figure 6A (left)
Location diagram of the Borden main ice camp and the remote offshore ice camp. All equipment was brought to Resolute and then flown to the two camps.

Figure 6B (right)
Image of the Borden main camp. The camp has 17 tents and a population of over 40 people. Also shown at the upper right side of the image is the runway. Image: courtesy of Janice Lang, DRDC.



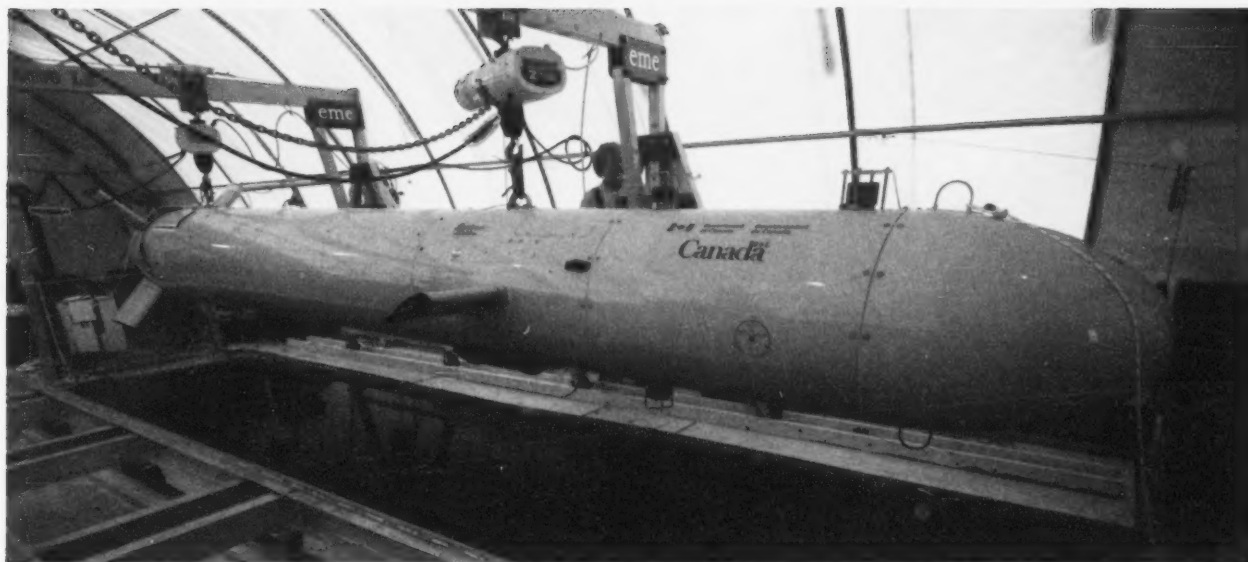


Figure 6C
Image of the AUV at the Borden ice camp, prior to being sent out on a mission. Also shown is the large hole that was created by removing over 30,000 kg of ice. Image: courtesy of Janice Lang, DRDC.

is on an ice floe, has often drifted away from its original position, sometimes by 10–20 km. This necessitates the development of a homing system so that the AUV can find its way to the camp's new location.

In April 2010, the AUV was deployed from a main camp near Borden Island (Figure 6) where bathymetric data was being collected using helicopter spot soundings. The two simultaneous operations, each with its own crew, made for a large camp, with more than 17 large tents and over 40 people; the remote camp had a population of 12. Poor weather and fog from large open leads north of Borden Island significantly hindered the helicopter operations – there was only one day of unobstructed flying weather during the entire month of April.

In contrast, the AUV operations were a resounding success (Figure 6C). The vehicle travelled over 1,000 km during a continuous operating period of ten days at depths of over 3,300 m under the ice, flawlessly homed in to a moving ice camp from a distance of 50 km, and completed about 500 km of bathymetric measurements in key areas. These achievements represent a world record for under-ice operations in the Arctic.

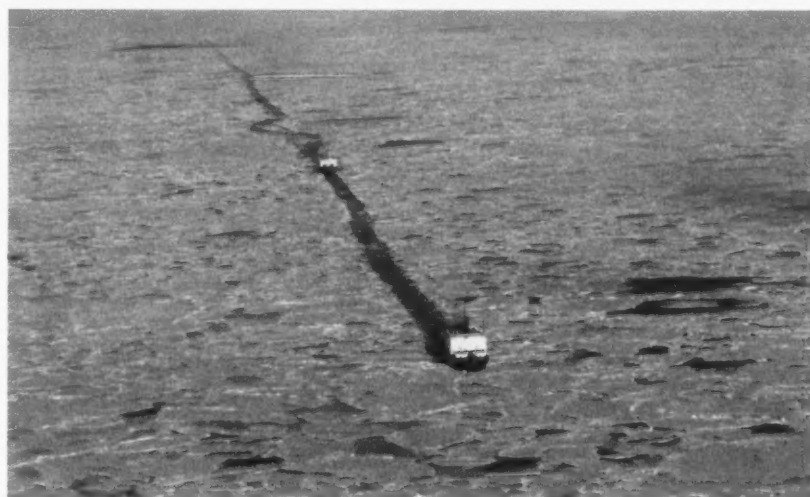
CANADA'S WESTERN ARCTIC PROGRAM

In the western Arctic, defining the outer limits of Canada's extended continental shelf means determining the thickness of the sediment cover by seismic survey. This involves emitting a sound wave and using sophisticated techniques to analyse the echo as it bounces back from the ocean floor and from the sedimentary layers below it.

Collecting seismic data in the Arctic's ice-infested waters is not easy. Most of the previous seismic data in the western Arctic were obtained near shore, with only a few lines

crossing the Canada Basin (Figure 2). The surveying must be done with an icebreaker, but the noise of the vessel's powerful engines interferes with the seismic sound source. Moreover, the standard equipment for seismic data collection needs to be strengthened to with-

Figure 7
Image of the CCGS *Louis S. St-Laurent* and UCGC *Healy* (leading and breaking ice). This configuration allows the Canadian icebreaker to collect high quality seismic data. Photo: Jon Biggar, CHS.



stand impact from the ice fragments in the icebreaker's wake. We therefore developed a modified seismic system and tested it during a 2006 survey on CCGS *Louis S. St-Laurent*.

In September 2007, again using the "Louis", we collected 3,000 km of high quality seismic data in the southern part of the Canada Basin, as well as over 7500 km of single beam bathymetry data. Ice conditions varied but were heavier to the north – where we planned to work the following year. We realized that two icebreakers would be needed for that survey.

Our discussions with American scientists and officials led an agreement to work together. We undertook joint surveys in 2008, 2009 and 2010 using the CCGS *Louis S. St-Laurent* and the US icebreaker USCGC *Healy*; the combined capabilities of the two icebreakers

enabling us to work successfully in heavy ice conditions. Where seismic data was important, the USCGC *Healy* broke ice and the CCGS *Louis S. St-Laurent* followed with its seismic system; where we needed to know the shape of the seafloor, the Canadian vessel broke ice and the US icebreaker followed with its high resolution multi-beam bathymetry system. Because the following vessel did not have to break heavy ice, the data quality was significantly better (Figure 7). These surveys collected over 13,500 km of high quality seismic data and more than 18,000 km of bathymetry.

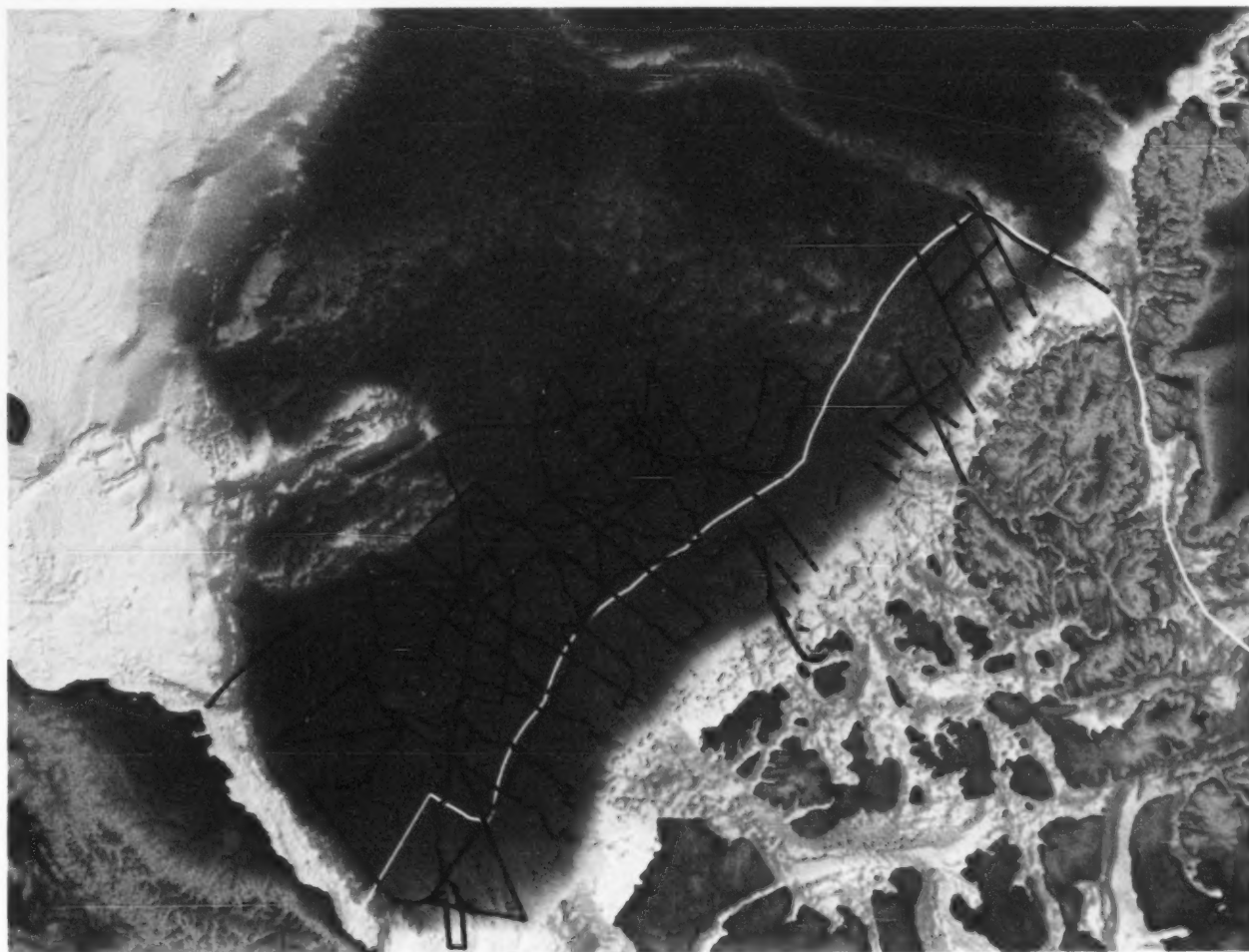
The four major surveys in the western Arctic have covered most of the area where information was needed (Figure 8), more than tripling data coverage and significantly improving our knowledge of the region. The initial interpretations of the data have been

presented at scientific conferences (Mosher *et al.*, 2010; Shimeld *et al.*, 2010) and publications are underway. In summary, we have found that the Canada Basin is generally covered by a layer of sediments over 4 km thick, which thins to the northwest. This finding will likely allow Canada to define a large area as extended continental shelf in this region.

CONCLUSIONS

The Arctic component of Canada's Extended Continental Shelf Program has proved challenging, and continues to face the risk of delays from weather and ice conditions. With the conclusion of the 2010 field season, we

Figure 8
Overview of seismic and key bathymetry data collected over the period 2007–10. A total of over 13,500 km of seismic and over 18,000 km of bathymetry data have tripled our data holdings in the Arctic.



have most of the data we require in the western Arctic but need more from the eastern Arctic. We hope to collect this during the fourth Canada-US joint survey planned for August-September 2011.

The amount and the quality of the data have surpassed our initial hopes. The effective and continuing cooperation between Arctic Ocean coastal states is a key contributor to this achievement.

In addition to providing strong support for Canada's submission to the Commission, the wealth of new data will no doubt lead to a better understanding of the origin and tectonic evolution of the Arctic Ocean.

Presently, Canada is on track to prepare and submit its outer limits of the extended continental shelf and substantiating information to the UN Commission by its deadline of December 2013.

Acknowledgements

This program has involved many organizations and dedicated staff to collect and analyse the scientific information. We would like to thank all those who did the logistics for the ice camps (Polar Continental Shelf Program, Environment Canada, Canadian Ice Service, all

the pilots and technical staff); those who were involved in the shipborne operations (Canadian Coast Guard, the Commanding Officers and crews of the CCGS *Louis S. St-Laurent* and the USCGC *Healy*) and our staff and contractors who went out to ice camps and on board ships under rather difficult situations to collect the data. We would also like to acknowledge our partners in the scientific work in Canada, in the US and in Denmark.

Jacob Verhoeff is Director, UNCLOS Program, Natural Resources Canada; Julian Goodyear is Director, Law of the Sea Project, Fisheries and Oceans Canada.

References

- Commission on the Limits of the Continental Shelf (CLCS), 1999. Scientific and technical guidelines of the Commission on the Limits of the Continental Shelf. CLCS/11, 91 pp. + annexes.
- Funck, T, H.R. Jackson and J. Shimeld, 2010. The crustal structure of the Alpha Ridge, Arctic Ocean, Abstract T31A-2121, presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 13-17 December.
- Geological Survey of Canada, 1994. Canada

- and Article 76 of the Law of the Sea, Geological Survey of Canada, Open File 3209.
- Jackson, H. R., T. Dahl-Jensen and the LORITA working group, Sedimentary and crustal structure from the Ellesmere Island and Greenland continental shelves onto the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean; *Geophys. J. Int.* 182, 11-35, 2010.
- Jakobsson, M., N.Z. Cherkis, J. Woodward, R. Macnab and B.J. Coakley, 2000. New grid of Arctic bathymetry aids scientists and mapmakers, *EOS, Trans. Am. geophys. Un.*, 81, 89, 93, 96.
- Mosher, D.C., J. Shimeld, R. Jackson, D.R. Hutchinson, B. Chapman, D. Chian, J.R. Childs, L.A. Mayer, B.E. Edwards and J. Verhoeff, 2010. Sedimentation in the western Arctic, Abstract T31A-2126, presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 13-17 December.
- Shimeld, J.W., D. Chian, H.R. Jackson, D. Hutchinson, D.C. Mosher, J.A. Wade and C.B. Chapman, 2010. Evidence for an important tectonographic seismic marker across Canada Basin and southern Alpha Ridge of the Arctic Ocean, Abstract T31A-2127, presented at 2010 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif., 13-17 December.

IMPACTS OF ARCTIC STORMS AND CLIMATE CHANGE ON COASTAL OCEANOGRAPHIC PROCESSES

Will Perrie, Eyad Atallah, Melanie Cooke, John Gyakum, Azurhal Hoque, Zhenxia Long, Ryan Mulligan, David Small, Steve Solomon, Charles Tang, Bechara Toulany, Fumin Xu and Biao Zhang

Residents of the Arctic coast, for whom the sea is an integral part of life, know the destructive power of storms. Every Inuit community has its storm stories – hunters scrambling for their lives as the sea ice heaves and breaks up around them, boats and their occupants lost, infrastructure destroyed, and coastlines altered. Marine storms are influenced by heat, and with the warming climate the Arctic is experiencing stronger marine storms. In or-

der to adapt – especially with offshore oil and gas exploitation a strong possibility – we need to understand how the ocean responds to storms in coastal areas.

Our group is studying coastal oceanographic processes – waves, storm surge and ocean currents, marine winds, coastal erosion and sediment transport – in the southern Beaufort Sea and the west Canadian Arctic, an area whose Inuvialuit communities use the

Zhenxia Long, Charles Tang, Bechara Toulany, Fumin Xu, Biao Zhang are at Fisheries and Oceans Canada's Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia. David Small, Eyad Atallah, Melanie Cooke and John Gyakum are at the Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, McGill University, Montreal, Quebec; Azurhal Hoque is at Water Control System Management Branch, Manitoba Water Stewardship, Winnipeg, Manitoba. Ryan Mulligan is at East Carolina University, Greenville, North Carolina, U.S.A. Steve Solomon is at Natural Resources Canada, Bedford Institute of Oceanography.

sea for hunting, fishing, and travelling, and which will probably see offshore hydrocarbon extraction within a decade.

Changes and variability in storm tracks and intensity, associated with warming related to climate change in the Beaufort-Chukchi region, can endanger coastal settlements and human activities in coastal marine environments. Weather and climate influence ocean dynamical processes (waves, circulation and storm surges), which induce sediment transport and coastal erosion, which in turn affect coastal communities, aquatic species, and offshore drilling operations. We are interested in time scales ranging from a few days or less, the duration of a single storm, to seasonal, inter-annual, decadal, and longer periods.

Like much of climate science, we rely on carefully constructed mathematical models to suggest how the storms will behave as the elements that cause them change. We build these numerical models using the best available data on storm behaviour. Once a model can accurately represent observed conditions, and includes reasonable physics, we can alter its components – like the amount of open water and sea ice – to simulate storms and predict how they are likely to develop and behave in future climate scenarios.

We have completed our basic numerical simulations and data studies and have built and implemented detailed coupled models – models that link subsystems of the earth's climate system (atmosphere, hydrosphere, cryosphere, etc.) – with components for atmospheric dynamics, snow, waves, ocean circulation, and a multi-category sea-ice model. We have assembled a data base of historical storms, climate reanalysis data, recent observational data, and computer analyses models and related software. Our models have been tested for time-scales that range from individual Arctic storms to decadal-scale regional climate, and have been improved using observations collected from field experiments, storms, and climate reanalysis

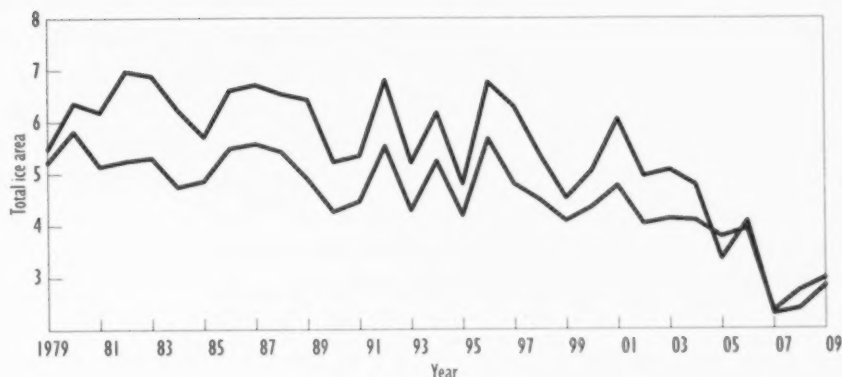


Figure 1
Simulated total ice area in September from ice-ocean model simulation (brown) and Hadley Centre data (green). Units are in 10^6 km^2 (y-axis).

data sets. Baseline verifications of these models use comparisons with international Arctic data-sets, climate reanalysis data, and recent field data.

In our storm simulations we have also implemented and tested high-resolution models of the waves, ice, currents, sediment transport, and coastal processes that are relevant to the southern Beaufort Sea coastal areas. Our focus has been on storms making landfall along the coast of the Mackenzie Delta near Tuktoyaktuk and affecting communities in that region. We assessed the benefits of high-resolution coupled ice-ocean-wave studies and detailed air-sea interactions, using ocean wave models to simulate conditions in the nearshore region off the Mackenzie Delta.

On shorter time-scales, further development work on the mechanisms that determine how waves break, dissipate, and in nearshore areas, erode the bottom and influ-

ence sediment transport, is needed to improve our models and thus our understanding of the impacts of storms and climate change. On longer time-scales, we are able to simulate decadal ice variations, including the rapid ice decrease in recent years (Figure 1), and long

Figure 2
Sea surface temperatures (SST) from MODIS satellite observations on 25 August 2007, show the extent of the Mackenzie River plume in the Beaufort Sea. Easterly winds cause upwelling, stronger mixing, and a cooler plume (upper panel); light winds with minimal mixing and entrainment of underlying shelf water allow the warmer plume to spread as a thin surface layer (lower panel). The coastline and 20-m and 200-m bathymetric contours are shown. Instabilities are visible near the shelf break (200-m contour) where the Coriolis-dominated eastward flow on the shelf meets the westward-flowing Beaufort Gyre in Canada Basin.

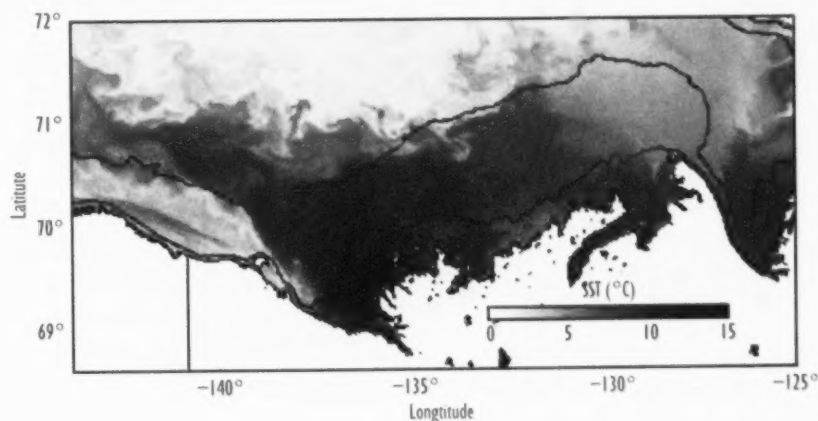


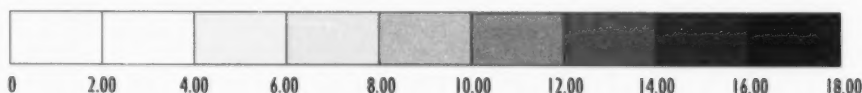
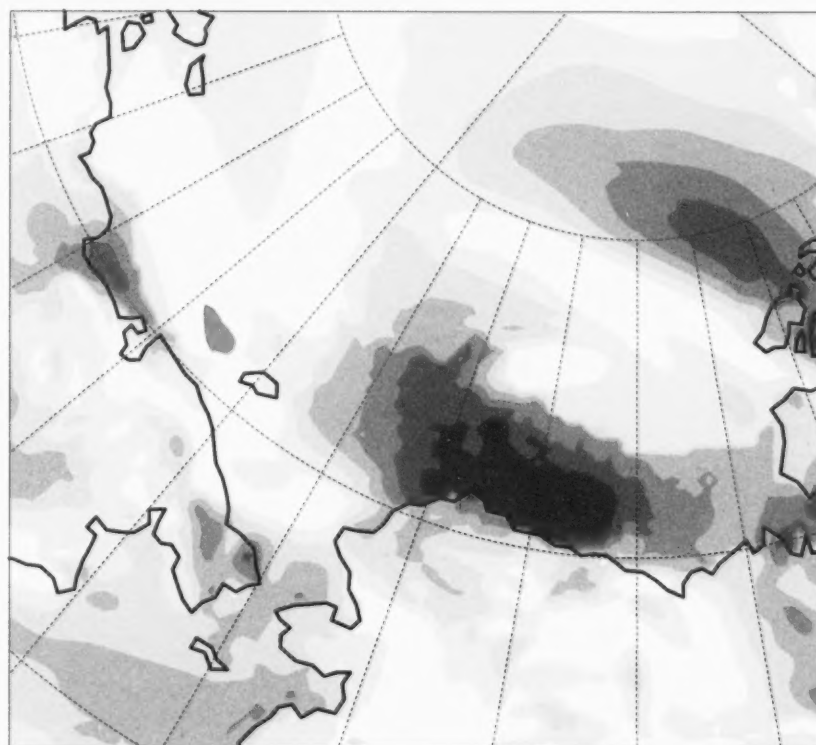
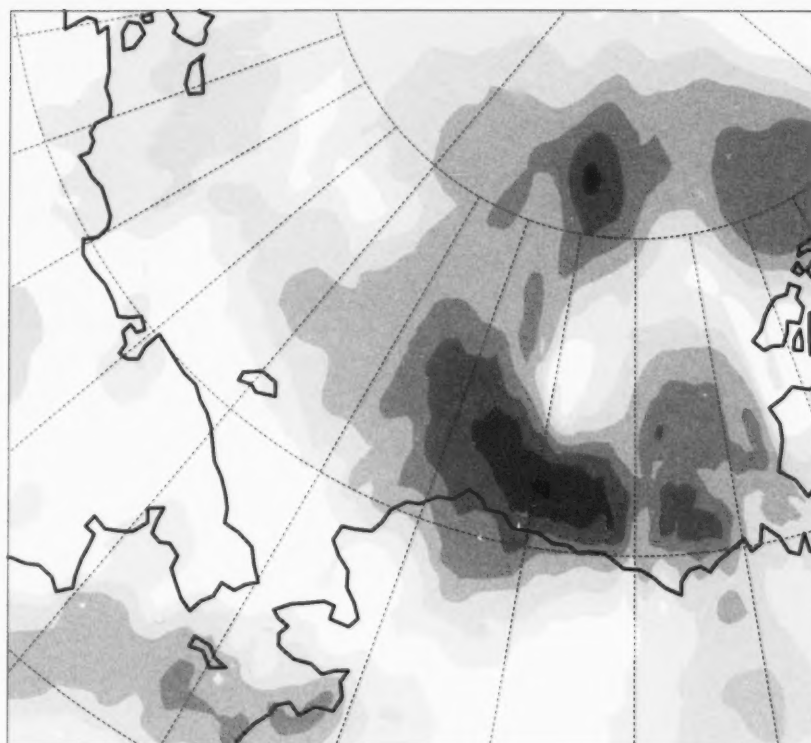


Figure 3 (above)

Comparisons of storm tracks and following a storm, showing coupled model (dotted brown line), uncoupled model (dotted green line), Canadian Meteorological Centre sea level pressure analyses (solid brown line). The solid green line represents the National Snow and Ice Data Center ice edge. Arrows denote the direction of storm movement.

Figure 4 (right)

Wind speed at 12:00, 31 July for (a) QSCAT-NCEP, (satellite and weather centre data) (b) coupled model. Units are m/s.



time-scale variables such as the salinity minimum in the Beaufort Sea, the warm Atlantic water layer in the Arctic Ocean, and the maximum fresh water content in the Beaufort Sea as well as its year to year variations during the last several decades.

We have identified key atmospheric patterns associated with strong winds along the Beaufort Sea coast. We have also comprehensively documented the wind climatology during the warm season at the coastal station at Tuktoyaktuk. Meteorological processes that contribute to significant storm surge events are being studied. We are conducting detailed studies on the interactions between the Mackenzie Delta area and the Beaufort Sea during storms, including storm surges and coastal flooding. The sea surface temperature (SST) distribution in late August in 2007 from MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer) satellite observations is presented in Figure 2, showing interactions among the warm river water, the coastal water, and, further offshore, the vast area of slowly circulating waters known as the Beaufort gyre. These features are also affected by wind. We use da-

ta from complementary projects that measured temperature and salinity about 25 km north from the Delta coastline and beyond, and high-resolution computer models to simulate salinity patterns similar to the temperature variations in Figure 2. A recent 40-year (1970–2008) reanalysis for Beaufort Sea wind and waves by the Environment Canada (EC) provides an important contribution to this project.

We need further investigations to clarify the role of increased open water during the summer. In summer, storms occur more often in the Canada basin than any other coastal area in the Arctic Ocean. There were about 14 storms per storm season (June–November); October has the highest storm frequency, and July the lowest. Cyclonic systems often sweep into this region from the Siberian coast and then stall in the Beaufort Sea. Intense storms play an important role in the variations of the heat and salt budgets in the upper Arctic. In the spring and winter when stratifications of heat (thermocline) and salt (halocline) in the Beaufort Sea are less distinct, the turbulence caused by intense storms causes deep mixing of water that can penetrate through the Arctic halocline and thermocline layers. When storms break up large ice floes and expose more open water, the heat exchange between air and water increases.

For example, an intense storm occurred in the Beaufort Sea in late July 2008 (Figure 3), when there was a large expanse of open water. The open water influenced both the storm's development and the surface winds it caused, as open water modifies the interactions and transfers of energy between air and sea. In turn, the storm generated surface currents and modified the ocean surface temperatures. However, due to the high albedo of sea ice – its high capacity to reflect solar energy because of its white colour, in comparison with the dark water, which absorbs solar energy – water surface temperatures were much warmer than they would be in a completely ice-covered ocean. The rising warm

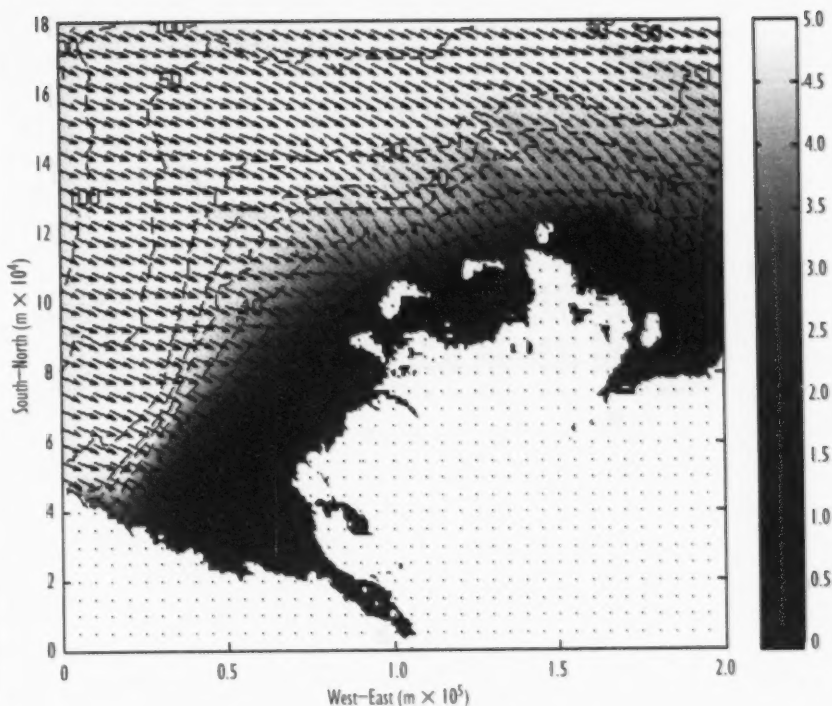


Figure 5
Significant wave heights (m) at 05:00 (coordinated universal time) on 8 October 2008 at the peak of the storm; winds are from the northwest for more than 50 hours at 50 km/hour, waves are causing coastal damage along the southern coast of the Beaufort Sea.

air, forced down by the turbulent air currents of the storm, provided extra energy to the storm. Compared to more ice-covered scenarios, open water resulted in a more intense storm, with enhanced wind speeds by about 3–4 metres per second.

The strongest surface winds along the southern Beaufort coast blow either from the northwest or from the southeast, in fall and winter. Our future work will analyse the life cycle of the planetary-scale atmospheric circulation regimes affected by these strong winds, and the trends observed over the past 60 years. So far we have found that storms causing major surges along Beaufort coast are associated with a series of strong upper-atmosphere forcing events spanning the hemisphere along 70°N. Ongoing investigations involve identifying whether these storms represent a unique, but not climatologically prevalent flow regime, or whether they are transitions in flow regimes such as the North Atlantic Oscillation or Pacific North American Pattern. We found that such events occur more often in the late summer and early autumn, after cold air trapped north of Brooks

Range produces the strong northwesterly winds favourable for storm surges. We are documenting other meteorological phenomena of varying size, duration, and predictability, which may play significant roles in the strong northwesterly winds responsible for these extreme events.

Preliminary studies have looked at coastal erosion, sediment transport, and morphodynamic changes – specifically, changes to the seafloor – in nearshore areas along the Beaufort coastline. Under storm conditions, the water levels rise, and waves smash against the frozen cliff face gradually breaking off pieces of it, through a combination of melting and hydrodynamics (thermal and mechanical erosion). Storm surges, sudden and abnormal rises or drops in sea level, are most evident in shallow waters and along the coast; they are caused by strong winds associated



Figure 6
Photographs show, at the base of the bluff, an example of morphodynamic change in a thermo-erosion notch composed of frozen fine sand and silt with scattered cobbles and boulders: (a) development of the niche, and (b) later block failure of the same cliff.

with landfalling storms. Tuktoyaktuk, on the Mackenzie Delta coast, is particularly vulnerable to damage from strong surges, caused by storms blowing in from the Beaufort Sea.

At the peak of a storm in October 2008, dominant waves driving in from the north-west had their strongest impact on the fragile coast of the MacKenzie Delta (Figure 5). The north-facing side of Tuktoyaktuk Island sits at the entrance to Tuktoyaktuk Harbour and provides natural protection from waves. Niches form over time, which can reach 10 m into

the bluff and can be up to 2 m high (Figure 6). Once the niche cuts far enough into the base of the cliff, the overhanging cornice collapses due to block failure. The frozen bluffs are also cut from above by patterned ground, tundra polygons caused by buried ice wedges. Days, weeks, or months after the niches form, the blocks fail, usually along the lines of weakness defined by the ice wedges. Over the last several years, the north side of Tuktoyaktuk Island has eroded at an average rate of about 2 m per year (up to 7 m during a single storm event). At this rate, the island will be little more than a shoal for much of its length by 2050, allowing large waves to enter the harbour. Tuktoyaktuk is the only developed harbour for hundreds of kilometres.

The project ends on 31 March 2011. By that time, we will have completed further studies and model tests. Simulations and our understanding will be improved by using 1PY field data. Ongoing tests will focus on selected storms, as well as seasonal, inter-annual, and decadal time scales. The project will attempt to establish links among climate change, changing ice coverage, coastal oceanographic processes, coastal erosion and sediment transport.

It is our hope that Tuktoyaktuk and other Arctic coastal communities will benefit from the improved understanding of storms that our research is bringing, and that it will help them adapt to changing storm patterns and intensities along the Arctic coast.

Department of Fisheries and Oceans, Ocean Sciences Division is also included in three 1PY-approved network projects: (1) IAOS, the Integrated Arctic Ocean Observing System; (2) THORPEX, improved numerical weather forecasting and climate simulations by exploitation of in-situ, airborne remote-sensing and satellite data, advanced modelling systems and basic research into polar processes and into polar-global interactions; and (3) ACCO-net, the Arctic Circum-Polar Coastal Observatory Network. Important support is also given by 1PY field projects and other programs, e.g., the Federal Panel on Energy Research and Development, which actively collect data on wind, waves, currents, and related coastal ocean and marine boundary layer variables. We want to acknowledge the role that the Federal Panel on Energy Research and Development (PERD) played in supporting field experiments that are critical to understanding of coastal processes of the Beaufort.

Principal author Will Perrie is a research scientist at Fisheries and Oceans Canada's Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia.

SHAPING TOMORROW'S NORTHERN ECOSYSTEM: ARCTIC INSECTS, SPIDERS, AND THEIR RELATIVES IN A CHANGING CLIMATE

Louise Leborgne, Crystal Ernst and Christopher M. Buddle

Climate change is altering the Arctic landscape and the tundra ecosystem. Although we often hear of the effects on animals such as polar bears and other larger animals, a changing climate will also affect other creatures. Insects, spiders, and their relatives – the arthropods – play important roles in the Arctic, from feeding birds, to pollinating flowers and recycling organic matter. Our changing climate is having important effects on the life history, distribution, and diversity of native and introduced arctic arthropods. These changes, in turn, shape the arctic ecosystem. What are these effects, and what are their implications? In this article we will provide some of the answers by highlighting the key issues and discussing some of the knowledge gaps and needs for future research.

CLIMATE CHANGE IN THE ARCTIC

The mean annual temperature in the Arctic has been rising two to three times more than the global average over the past 150 years. The spring thaw arrives earlier and winters are not as cold. Snow and ice cover are also changing with abnormally thick snowfall and freezing rain becoming more common. Although we can measure these changes, the complex interactions between climatic, hydrogeological, and ecological processes make it difficult to predict their environmental effects. We know that arctic fauna have already survived changes in climate over geological time, and must therefore be relatively adaptive. We do not know, however, whether they can adapt to the significantly greater rate of change that is occurring today – change compounded by factors such as pollution, resource extraction, and different land use activities.

ARCTIC ARTHROPODS: ADAPTED TO A LIFE IN THE COLD

Arthropods are the most diverse and abundant group of organisms in the Arctic, with over 2000 known species living above the tree line.

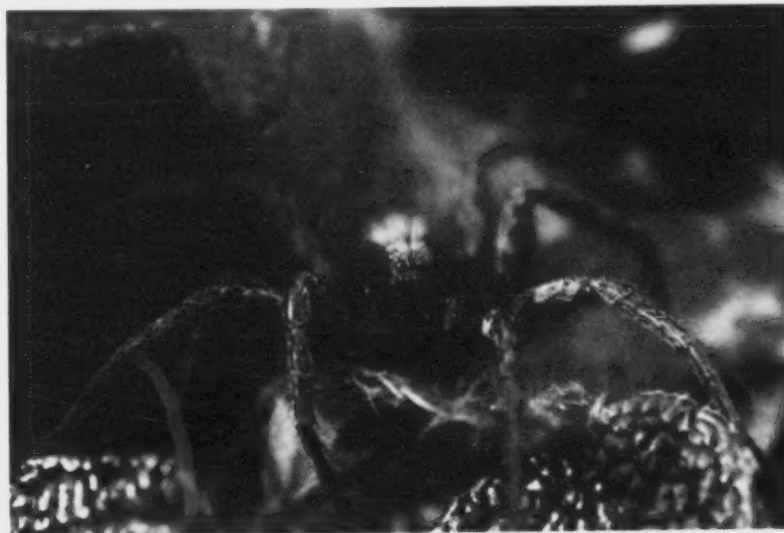
All arthropods are ectothermic: they cannot generate their own body heat. In the Arctic they have developed a remarkable breadth of behavioural and physiological adaptations in order to cope with the harsh climate. Many arthropods bask in sunlight to raise their body temperatures; their dark colour (melanism) improves absorption of solar heat and helps protect them from UV-B radiation. Arthropods also regulate their activities to make use of warmer periods throughout the day.

They often choose favourable microhabitats to offset extreme environmental conditions – moist areas that counter the dryness of arctic summers, or sites with deep insulat-

ing snow that protect them from freezing during the winter. They have developed several physiological methods of coping with freezing: some overwintering arthropods can generate and store "antifreeze" – lactate, glycols, and other chemicals that prevent ice from forming in their bodies and damaging cells. Others allow ice crystals to form, but restrict them to areas outside cell walls.

The growth and development patterns of arctic arthropods also reflect adaptation to cold. Many need periods of consistently low temperatures in order to move through their life stages. During the coldest months, they must rest for a period of diapause, when growth slows sharply or stops altogether. As a result, most northern arthropods develop slowly, taking several years to complete their life cycles. Many of the world's invertebrates have flexible life cycles, and may be able to adapt to environmental or climatic change; but arctic arthropod life cycles tend to be more

Wolf spider, *Alopecosa hirtipes*, in the tundra of Bylot Island, Nunavut. Photo: Christopher M. Buddle.



rigidly structured and timed, perhaps to ensure that critical events (such as adult emergence) occur during the brief, favourable periods when resources are most abundant. An increase in either intensity or length of these limited windows of opportunity in the north might give more arthropods the opportunity to survive.

HOW DOES CLIMATE CHANGE AFFECT ARTHROPODS IN THE NORTH?

Distribution

Climate change affects directly soil, vegetation, water, and other characteristics of arthropod habitats. As temperatures rise, areas that were once inaccessible or inhospitable can become viable habitat; regions at the southern limits of High Arctic ecosystems, for instance, are now displaying some characteristics of the Subarctic. These altered habitats can support species whose ranges lie further south. For example, the structure of Yukon spider communities is known to be influenced by latitude, and using this type of in-

formation, we can predict how communities may reassemble as more northerly areas begin to resemble those at lower latitude (Bowden and Buddle, 2010). One study, by Parmesan and Yohe (2003), recorded a global average northward range shift of 6.1 km for a variety of plants, animals and microorganisms; the shift corresponded to an advancement of spring events by 2.3 days per decade. When species move northward they may either compete with arthropods already there, or fill an unoccupied niche. Other species whose life cycles depend on cold temperatures are more likely to experience range contractions, or, in extreme cases, regional extirpation or even extinction. Either way, changes to arthropod communities will directly affect their neighbours.

The effects of climate change on short-term habitat stability can influence arthropod distributions. For example, some researchers have predicted more frequent environmental disturbances like warming, drought, flooding or freezing events, which would change the thickness of surface ice. Experiments with ice patches have demonstrated that thicker,

Arctic moth, photographed on Bylot Island, Nunavut.
Photo: Christopher M. Buddle.



longer lasting ice cover can cause significant decline of some microarthropods.

Reproduction and development

In the Arctic, warmer temperatures and an earlier spring will likely affect the reproduction and development of certain arthropods. Laboratory research by Birkmoe and Leinaas (2000) has shown that the development rate of an arctic collembolan, *Hypogastrura tullbergi*, increases with temperature. These springtails, which are abundant and widespread on Devon Island, Nunavut, grew larger (which can influence fecundity) and reached sexual maturity faster at elevated temperatures. These changes could boost population growth. Similarly, the aphid *Acyrtosiphon svalbardicum* reproduced more rapidly in warmer temperatures: their populations increased within days of raised temperature treatments, and they produced an extra generation per year, in addition to their usual two (Hodkinson *et al.*, 1998). In Northeast Greenland, Høye *et al.* (2009) found that the earlier onset of spring affects spider body size and rate of growth. Larger females can produce larger egg masses or larger eggs. Males also increase their reproductive success when spring comes earlier, by having more moults per season and by profiting from more time to search for females.

INTERACTIONS WITH OTHER SPECIES

Arthropod species respond differently to habitat change. Their responses influence, and will be influenced by, those of other organisms. Understanding the biology of individual species and how they interact within their community is vital to assessing and predicting the effects of climate change. Arthropods provide many crucial ecological services in the north, as decomposers, pollinators, herbivores, predators, and parasites. They are also an important food source for many other organisms including small mammals and migratory birds. Changes in their communities

can have significant implications for the species that depend on them, and for the services they provide to the ecosystem.

Soil-decomposer

Soil arthropods play a major role in decomposition and carbon cycling, both fundamental to plant growth. Faster leaf litter decomposition and soil mixing by arthropods will speed the flow and amount of plant nutrients into the soil. However, if increased decomposition releases carbon faster than it can be captured by plant growth, it could contribute to the rate of climate change. Faster decomposition could also shrink the layer of leaf litter that protects arthropods and plant roots from the bitter cold of the arctic winter.

In Svalbard, Coulson *et al.* (2000) noted that soil microarthropod communities graze on cyanobacteria, which transfer atmospheric nitrogen to the soil, preparing it for plant succession. These soils also tend to be very patchy and many soil arthropods are limited to patches with low surface ice thickness. If microarthropod grazers experience a population explosion from warming temperatures, they may deplete important soil nutrients like nitrogen in some areas, rendering them less fertile for plant succession than others. As climate change acts on microarthropods, cyanobacteria, nutrients, and plants simultaneously, the arctic landscape may retain the patterns of these patches long after the composition of the ecosystem changes. The result could be a new landscape.

Plant-pollinator

The plants that pollinators depend on for food, and in some cases warmth, are also being affected by climate change. If changes in range put plants out of reach of their pollinators, they will face greater risks of extinction. Missed timing between plants and pollinators may also occur, if temperature changes cause flowering before the pollinators have emerged or matured. Pollinators are likely to suffer food shortages and plants may remain unfertilized, leading to extinctions of both. Eco-

system dynamics may change as relationships between species are broken and new ones established.

Pollinators indirectly affect other keystone species in the Arctic. Lemmings, for example – the main food of arctic foxes, weasels, snowy owls, jaegers and others – feed only on plants, some of which rely on insect pollination.

Plant-herbivore

Increased temperatures and soil fertility can increase plant productivity, but faster growing and larger plants can be less nutritious. They contain higher concentrations of water, nitrogen, allelochemicals – which can repel arthropods – and fibre. This may reduce the success of arthropod herbivores.

The geographic ranges of host-specific (specialist) arthropod herbivores are restrict-

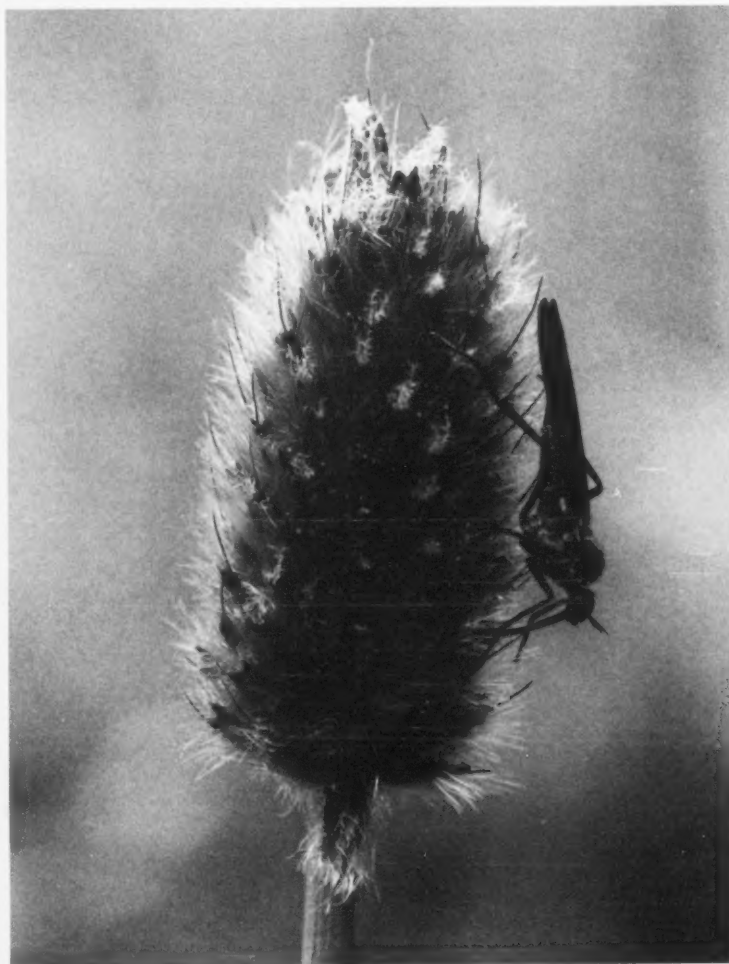
ed to the areas where their food plants grow. Their response to climate change will be largely driven by the responses of their hosts: their ranges will contract or expand along with the ranges of their vital resources.

Predator-prey:

Clues from the sub-Antarctic

Arthropods are a major source of food for birds that migrate to the Arctic in the summer to breed. As climate change alters arthropod phenology (life-cycle timing), migratory birds will have no way of predicting the new periods of peak prey availability. Earlier maturation or emergence of arthropods may favour birds that migrate earlier in the season. Those arriving later may discover that the food they depend on is less abundant or even

High Arctic Diptera (fly), photographed on Bylot Island, Nunavut. Photo: Christopher M. Buddle.



absent during the critical period when they are rearing their young. Even "early birds" may suffer if they depend on climate-affected prey in stopover areas en route to their arctic destination.

Many small mammals, including rodents, also depend on arthropods. While little has been written of the effects of climate change on arthropod-mammal relationships in the Arctic, we can find clues in the sub-Antarctic. There, climate change is causing a wild house mouse to expand its range, and Callaghan *et al.* (1992) have found that this mouse "prevents" the decomposition of at least 1000kg of plant litter per hectare because it eats soil invertebrates that normally do this work. Animals that prey on arthropods may therefore counteract the effects of increased soil arthropod populations (increased fertility, soil nutrient and carbon release). If an insectivorous mammal extended its range northward it could have a similar impact on the arctic ecosystem.

Predatory arthropods such as wasps and beetles have neutral or stabilizing impacts on the population dynamics of their arthropod prey. However, higher tempera-

tures may boost a predator's ability to hunt. In Svalbard, a staphylinid beetle (*Atheta graminicola*) hunts only on warm, south-facing cliffs, despite the availability of prey on other cliffs. As the climate warms, the beetle may be able to colonize north-facing cliffs, and reach more of its prey population. These shifts in predator-prey dynamics could lead to population imbalances unless the prey is also able to adapt.

Parasites

Warmer summers may increase insect harassment and parasitism of caribou. For example, Hughes *et al.* (2009) have noted increased numbers of warble flies, a caribou parasite, in Nunavut. They found that the thickness of caribou back fat and the probability of pregnancy decreased as warble flies became more numerous. Insufficient fat means caribou may fail to breed in the fall or may die of starvation in winter. Furthermore, increased parasitism may be a contributing factor in recent northward shifts observed in caribou range – caribou may be moving northward to escape the insect pests.

Graduate student Anna Solecki using a sweep net in Iqaluit, Nunavut. Photo: Christopher M. Buddle.

RESEARCH NEEDS

Until the late 1990s, most research on arctic arthropods was descriptive, focusing primarily on identifying species and their distributions. This body of knowledge, although important, does not predict directly how arctic arthropods might respond to climate change. Despite many calls to fill the gaps in our understanding of the biology, life histories, and ecological influences of arctic arthropods, this work has only recently begun. Since the high cost and logistical challenges of arctic field research limit what can be achieved it is important that researchers focus on critical areas and organisms – those that will provide the most valuable and timely data.

Studies on the biology and life-history of arctic arthropods must be expanded. Very few of the hundreds of arctic species have been studied in detail. To make accurate predictions about the effects of climate change on arthropods, we need baseline studies that focus on understanding the natural history of species and communities. Although arthropods are remarkably adaptable, it is unknown whether they will be able to respond to a rapidly changing climate. If not, this may have significant consequences on key ecosystem services, from pollination to feeding highly valued wildlife.

We suggest that greater effort be made to foster collaborative research that includes experts from different disciplines, including, for example, entomologists, climatologists, and ecologists. This will allow us to gain a holistic perspective of the complex arctic environment and will improve our ability to predict, and therefore plan for, the environmental changes and faunal responses that will shape future arctic systems. A network of research facilities and long-term data acquisition and monitoring programs similar to the EXAMINE network, which monitors aphids across Europe, would be ideal.

Some progress towards such a pan-arctic network has been made recently, particularly during the Fourth International Po-



lar Year. The Arcticwolves project (www.cen.ulaval.ca/arcticwolves/en_intro.htm), while focused on wildlife species, also studies important food web components including the links between arthropod phenology and insectivorous birds. The Northern Biodiversity Program (www.northernbiodiversity.com), which operates large-scale surveys across 12 sites in the North Boreal, Subarctic, and High Arctic, builds upon the Northern Insect Survey of 1947–63, whose extensive historical data from across the North may help us understand the effects of climate change on arctic arthropods.

We need research not only on how individual species respond to climate change, but also on how the species with which they interact respond – particularly those in host-specific relationships – as well as on the effects on ecosystem processes and services. Arthropods are one vital component in the food webs of arctic ecosystems, and should be studied together with plants, birds, mammals and other important organisms that are also being affected by climate change.

In summary, arctic arthropods are fascinating, ecologically important, and represent a large proportion of biodiversity in the North. They exhibit a range of life-history adaptations that make them particularly suited to living in harsh environmental conditions, and they form the basis of many arctic food-webs. They are likely to be significantly affected by climate change and it is important that we pay close attention to what is happening to them.

Louise Leborgne (undergraduate student, wildlife biology), Crystal Ernst (PhD candidate, insect ecology) and Christopher M. Buddle (associate professor, insect ecology) are at the Department of Natural Resource Sciences, McGill University.

References

- Birkmoe, T., and H.P. Leinaas, 2000. Effects of temperature on the development of an arctic Collembola (*Hypogastrura tullbergi*). *Functional Ecology* 14: 693–700.
- Bowden, J.J., and C.M. Buddle, 2010. Spider assemblages across elevational and latitudinal gradients in the Yukon Territory, Canada. *Arctic*: 63 261–272.

Callaghan, T.V., *et al.*, 1992. Responses of terrestrial plants and invertebrates to environmental change at high-latitudes. *PTSRSLBS* 338: 279–288.

Coulson, S.J., *et al.*, 2000. Experimental manipulation of the winter surface ice layer: the effects on a high arctic soil microarthropod community. *Ecography* 23: 299–306.

Hodkinson, I.D., *et al.*, 1998. Global change and arctic ecosystems: conclusions and predictions from experiments with terrestrial invertebrates on Spitsbergen. *Arctic and alpine research* 30: 306–313.

Hoye, T.T., *et al.*, 2009. Climate change and sexual size dimorphism in an arctic spiders. *Boil Lett* 5: 542–544.

Hughes, J., *et al.*, 2009. Is there a cost of parasites to caribou? *Parasitology* 136: 253–265.

Parmesan, C., and G. Yohe, 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.

For full list of references kindly contact Christopher M. Buddle (chris.buddle@mcgill.ca).

FROM STUDENT TO RESEARCHER: LESSONS FROM AN NSERC NORTHERN RESEARCH INTERNSHIP

Jana Tondur

Although I am a new northern researcher, I am not a newcomer to the North, and I know how important it is for researchers to develop strong relationships with northern communities. Long stays in the North are essential to building trust, developing collaborative partnerships, and creating opportunities for knowledge exchange.

Paul Nadasdy illustrates in his book *Hunters and Bureaucrats*, how difficulties and struggles arise when trust is not estab-

lished between researchers and local First Nation members, ultimately leading to failed knowledge integration and lost confidence. The success of the new northern research paradigm, which emphasizes collaborative research and reflects northern priorities, will depend on the level of trust established between researchers and local communities. Wolfe *et al.* (2011) elaborates on how a northern, multi-disciplinary research project funded by the Government of Canada International

al Polar Year (IPY) program – “Environmental Change and Traditional Use of the Old Crow Flats in Northern Canada” – has worked with the community of Old Crow, Yukon to establish trust and incorporate northern priorities into research design.

Time and cost, however, make it difficult to spend long periods in the North. The Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) created the Northern Research Internship (NRI) program to

enable new northern researchers to stay for several months in northern communities. Several years ago Ann Balasubramaniam, a member of my lab group, held an NRINT award in Old Crow. Her experience, which she described in a *Meridian* article (Balasubramaniam, 2009) strengthened community–researcher relationships and has had long-lasting positive effects on both her academic progress and relationships with the community. Inspired by her example, I applied to the program and subsequently held a NRINT award in Whitehorse from May to September 2010. The award involved collaboration with Parks Canada, partnership with Yukon College and knowledge exchange with the community of Old Crow.

COLLABORATION WITH PARKS CANADA

My project, part of the IPY project mentioned above, involves implementing a northern hydroecological monitoring program in the Old Crow Flats (part of Vuntut National Park) to be sustained by Parks Canada and the Vuntut Gwitchin Government (vGG) in the future. Like most northern communities, the Vuntut Gwitchin First Nation is concerned about the ecological integrity of their traditional territory and the impacts climate change will have on their health and future. Central to these concerns are recent observations of declining lake levels and the rate of change that is occurring in the Old Crow Flats. For Parks Canada, notable gaps in their current monitoring programs are unable to effectively determine the state of the aquatic ecosystem and assess how it is changing over time. The monitoring program uses a three-pronged approach to address these questions by analyzing: (1) water isotopes to measure lake water balance; (2) algae to monitor limnological conditions; and (3) paleolimnology to determine how hydrological and ecological conditions have changed over time.

Staff from Parks Canada (the primary



Figure 1

Graduate students from the University of Waterloo (Jana Tondou, left, and Ann Balasubramaniam) and Parks Canada staff (David Frost) at Mary Netro Lake preparing to deploy algal samplers. The mosquitoes were also out for the day, but we were prepared for them — although David did not seem to be bothered. Photo: Leila Sumi, Parks Canada.

stakeholder) and vGG had expressed the need for a monitoring program that would meet the specific needs of both organizations, while overcoming the logistical challenges of northern monitoring. In remote areas like the Old Crow Flats, site access is limited to helicopter and boat (provided the water levels are high enough). The majority of the approximately 2700 small thermokarst lakes are only accessible by helicopter, which is costly. Having researchers travel from southern institutions to the North is also time-consuming and expensive, especially in the context of an annual monitoring program; however, partnerships between universities, northern agencies, and communities can overcome these challenges. Empowering northern agencies and communities to implement their own simple and scientifically informative monitoring programs further enables the capacity for local stewardship over the land.

My first field season—two short trips to Old Crow in June and August, 2010 to collect samples—hardly offered enough time to collaborate effectively with my local partners, primarily Parks Canada staff. Implementing a successful long-term monitoring program would take more time and commitment. I hoped to leave a true “legacy of knowledge”—to help northerners gain a better understand-

ing of ecosystem change and to develop an effective ecosystem stewardship strategy that could provide information needed for wise policy decisions. At the same time, I hoped to expand my network of northern colleagues, renew past relationships and learn more about the community of Old Crow. To achieve these goals, I decided to spend additional time in the North working with the Vuntut National Park Monitoring Ecologist, Ian McDonald, towards implementing the monitoring program.

Ian is based out of the main office in Whitehorse and despite our very different schedules for the field season in Old Crow—they were in fact polar opposites—we were able to connect and plan strategies for implementing the monitoring program, especially in terms of being prepared for the potential challenge of fluctuating budgets. Over the summer I developed a framework for an analysis that outlined the major stakeholders, goals, logistical alternatives to sampling, and

associated costs and benefits of the hydroecological monitoring program. This framework will help ensure that managers have the knowledge they need to make informed decisions should changing government priorities affect their funding.

Our meetings with Parks Canada and the Vuntut Gwichin Government also revealed a strong need to transfer knowledge from the researchers to the staff who will be doing the sampling. We invited Parks staff out into the field to gain firsthand experience with the monitoring program. We used a Parks boat to travel to Mary Netro Lake and invited staff on our June and August helicopter trips to the Old Crow Flats, to learn sampling methods (Figure 1). These trips were very successful in transferring knowledge to current Parks Canada personnel, but a high staff turnover rate means knowledge is often lost when employees leave. A more tangible source of information was required to help new staff learn proper field sampling methods and maintain continuity. I developed a field methods manual in collaboration with the monitoring ecologist who made sure that it met the needs of its

intended audience. The manual, *Northern hydroecological monitoring in the Old Crow Flats (Vuntut National Park): A guide to field methods*, has been published in the Parks Canada Information Centre on Ecosystems (ICE) internal database. Working with the monitoring ecologist on this manual greatly improved my ability to create a document that conveyed scientific field methods in a language that was easy to understand. The end result was a document that will be useful to Parks staff, not only in Vuntut National Park, but also in other northern parks.

DEVELOPING A PARTNERSHIP WITH YUKON COLLEGE

One of the requirements of the NRI program is a northern partner to provide in-kind support. The Northern Research Institute (NRI), a division of Yukon College, agreed to

Figure 2
Collecting freshwater invertebrates from a pond near camp. Students learned how to use a dip-net to collect samples, and used tweezers to capture specimens to take back to the camp lab and analyze. Photo: Jana Tondur.



act as my northern partner, facilitating and supporting the internship. As a Yukon College alumni, establishing a link between a northern research project and the NRI – a mutually beneficial partnership that will likely continue – was personally enriching. When results from the research project are available I will present a guest lecture to classes in the college's School of Science, Trades and Technology, and give a public presentation to the Yukon Science Institute.

Staying and working at Yukon College during the internship gave me a broader perspective on research in the North. A professor and two graduate students from my home institution – Wilfrid Laurier University – who are conducting research in the Klutane area invited me on a road trip along the Alaska Highway to learn about their research, as well as other projects. I was fortunate to visit the community-based archeology camp (Little John) to learn about ethnographic and archeological research in the Upper Tanana watershed. Here, at the Alaska-Yukon border just outside the village of Beaver Creek, Yukon College anthropologist Norm Easton has worked and collaborated effectively with the White River First Nation to document the culture and history of the area. It was clear to me that the strong relationship between researchers and the local community has not developed overnight – rather, it has grown over 20 years of persistent research, consultation with the community and participation by researchers in local events.

KNOWLEDGE EXCHANGE WITH THE COMMUNITY OF OLD CROW

Of all of the enriching experiences I had during my internship, the most memorable was working with the science camp for children in Old Crow. The camp aims to create linkages between traditional ways of knowing and science using land-based and hands-on learning. Students are engaged in relevant ways of

learning so that they can become future leaders in the community and stewards of the land. For the past four years, the VGC has funded and coordinated this camp for Old Crow children between the ages of 9–14. The camp is held outside the village of Old Crow to provide the students with the opportunity to learn that science is not as hard as they think, and that it can be applied to things they already know.

Since I was staying in Whitehorse, the science camp coordinator asked if I would be interested helping coordinate the camp – and handle the “science” portion. I eagerly agreed, however I had never participated in a science camp before and I had no idea what to do. Fortunately, Yukon College’s Science Quest camp was going on and Google helped me find the US Environmental Protection Agency’s Water Source Books that gave me some great ideas. I developed a science workshop as well as small activities – such as making lava lamps and solar ovens, and engineering structures with marshmallows and spaghetti – that would entertain and educate. I prepared for all these activities in Whitehorse, as most of what I needed was not available in Old Crow, and somehow managed to get it all on the plane (thanks Air North). I also involved

Yukon College as a sponsor: the School of Sciences, Trades and Technology lent field equipment, and the Technology Innovation Centre, the College Bookstore, College Relations, and International Development donated prizes.

This year, the science camp was held on the Porcupine River at the “School Cabin,” otherwise known as Caribou Lookout. The boys and girls are divided into separate groups and stay at the camp for four days and three nights. The children all camp together in the cabin with a camp counsellor (an older youth who helps out with the camp) and the camp coordinators, camp cook and camp steward curl up in sleeping bags in tents. The boys and girls participate in the same science activities but learn different forms of traditional knowledge during the camp. For example, the girls learned about berries and how to cut fish and the boys learned how to collect tent poles on the river and set up the canvas tents.

The integration of traditional knowledge from local community members with the scientific activities that I provided was a true sign of knowledge sharing. For example, one day with the girls we travelled up the Porcupine River to Mary-Jane and George Moses’ camp to learn how to cut fish, cook bannock, learn about medicinal plants, and pick berries

(salmon [cloud] berries are now, by far, my favorite berry). The next day we talked about alternate forms of energy, which the children already knew a lot about. We made solar ovens out of empty pizza boxes and made pita pizzas to place in the box and let the sun do the rest. Most were skeptical of the idea and would have rather had an actual pizza, but surprisingly enough, it was a success and the cheese melted.

While we waited for the pizzas to cook, we began a bio-monitoring workshop that I designed, and discussed how benthic invertebrates and other organisms, such as the algae I collect for my M.Sc. research, can be used to gauge the health of aquatic ecosystems. Originally, we were going to assess the health of the Porcupine River by sampling the different types of macro-invertebrates; however, unusually high water levels from heavy precipitation flooded the shore and made sampling impossible. With a bit of luck and some contingency planning, we found a pond just behind the camp that we could sample to identify what types of benthic invertebrates inhabit the Old Crow area.

The students had a great time learning how to use a dip-net to collect specimens for analysis (Figure 2). The boys were very excit-

Figure 3
Identifying aquatic invertebrates at the camp lab. We used plastic egg cartons and ice cube trays as insect holders and hand-held magnifying glasses to observe the structure of individual specimens. The students found 6 different families: dragon fly nymphs (*Aeshnidae*, *Libellulidae?*), predaceous water beetle larvae and adults (*Dytiscidae*), phantom midges (*Chaoboridae*), water striders, and damselfly larvae. Photo: Jana Tondur.





Figure 4

Left to right: Researchers Jana Tondou and Ann Balasubramaniam, with Parks Canada employee Leila Sumi, at a stop to collect climate data from a weather station during June field work in the Old Crow Flats. Photo: Jana Tondou.

ed to witness predator-prey relationships and loudly proclaimed how “cool” it was as they watched a very large predaceous diving beetle larva chase and capture dragon fly nymphs. Once we collected our samples, we headed back to the camp lab where we learned how to identify the invertebrates we found (Figure 3). This activity went over really well with the students and they were very surprised to learn that the huge predaceous diving beetle larvae they found would grow up to be very small and different looking adults. I had vials and preservative so that each student could keep one invertebrate that they found and I also gave a sample of each invertebrate to the community science teacher to be displayed at the school.

Throughout Science Camp, people from Old Crow would visit and share some of their knowledge with the students or just stop by for dinner and tea. I fondly remember the interaction between one of the youngest children at camp and a camp visitor. The boy was struggling to make a bow, like the older boys, until he was shown how to find a proper stick and how to carve it. Being at the camp was a great way to get to know different people from the community and set the stage for knowledge sharing. In particular, I learned a lot

about the history of the Old Crow area. I even found some archeological artifacts on the bluff near camp and a community member discovered an arrow head. One of the most instrumental things I learned at science camp was the community’s perspective on researchers and how much they value the knowledge they can transfer to the community. It surprised me that the community viewed me as a “researcher” – a term I generally reserve for my supervisor.

As a new graduate student, I had labelled myself as a “student” and had not given much thought to the idea that, really, I am a researcher. This concept crept up on me when a few members from the Renewable Resource Council (RRC) came to the camp. One member explained how the Old Crow Flats are important to the Vuntut Gwitchin, the “People of the Lakes”. He commented on how researchers are truly welcome on their land, and in the community, to help them understand how the Flats are changing. He stressed to the young students how important education is so that they could learn about the land and one day be a researcher – like me. Prior to this talk I almost felt out of place, but afterwards I realized that I had been invited to Old Crow because I had knowledge that I could pass on to the students. I came to science camp feeling like a student, and left feeling like a researcher.

Staying for an extended period in the North and spending time with local people outside of my own research demonstrated to



Figure 5

Discussing proper sampling methods and how to assemble algal samplers at Mary Netro Lake. Left to right: David Frost (Parks Canada.), researchers Jana Tondou and Ann Balasubramaniam, Jeffrey Peter (Parks Canada). Photo: Leila Sumi, Parks Canada.

the community that I was dedicated and committed to the project. In turn, community members have been very welcoming and receptive to my project. When I went to chat with one of the RRC members who came out to the science camp because his cabin is near one of the lakes that I sampled, he informed me that the lake – which I knew as OCF 49 – was actually called Marten Lake, and he generously offered to store his canoe nearby over the winter so that I could use it next summer.

I strongly believe that extended stays in the North are vital for researchers. In the North, interpersonal connections are a fundamentally important part of the cultural fabric – and can only be developed in person. Spending time in a community and collaborating with northerners who have a vested interest in northern research will leave an invaluable legacy for future northern researchers and citizens. The NRIPT program is one of the only resources available to students to help support extended stays in the North – but it is scheduled to end in March 2011. This will only make it more challenging to accomplish collaborative research that truly reflects northern priorities. The need to train highly qualified northern researchers (students) has been clearly demonstrated by IPV – one of the

main IPY goals was to train a new generation of polar researchers – and Canada's Northern Strategy, released in 2009, emphasizes leadership in science and technology. We are an Arctic nation and resources such as the NRI program are needed to ensure world-class northern research continues.

Acknowledgments

On every level, I am grateful to NSERC for providing funding for the Northern Research Internship and thankful to Clint Sawicki of the Northern Research Institute for providing in-kind support. I would also like to thank Ian McDonald of Parks Canada for supporting the internship and setting time aside to meet with me. I would like to give a big thanks to Jessica Peters for inviting me to participate in Science Camp and letting me stay at her house. Thank

you to the VGG for supporting my involvement with Science Camp and purchasing my July flight to Old Crow. A big thank you to Yukon College for welcoming me back, lending me equipment and donating prizes. An extended thanks goes to Scott Slocombe for taking me to Beaver Creek and the Arctic Research Institute. Lastly, but not least, thank you to my supervisors, Brent Wolfe and Roland Hall for encouraging me to do a northern research internship.

Jana Tondur is an M.Sc. student in the Department of Biology, University of Waterloo.

References

Balasubramaniam, A.M., 2009. Community-based research, youth outdoor education and other highlights of a Northern Re-

search Internship experience in Old Crow, YT. *Meridian*, Spring/Summer issue: 16–19.

Nadasdy, P., 2003. Hunters and bureaucrats: Power, knowledge, and aboriginal state relationships in the southwest Yukon. Vancouver, UBC Press.

Wolfe, B.B., M.M. Humphries, M.F.J. Pisarcic, A.M. Balasubramaniam, C.R. Burn, L. Chan, D. Cooley, D.G. Froese, S. Graupe, R.I. Hall, T. Lantz, T.J. Porter, P. Roy-Leveille, K.W. Turner, S.D. Wesche and M. Williams, 2011. Environmental change and traditional use of the Old Crow Flats in northern Canada: An IPY opportunity to meet the challenges of the new northern research paradigm. *Arctic* (in press).

THE BRANDON UNIVERSITY NORTHERN TEACHER EDUCATION PROGRAM: TWO WAY TEACHING AND LEARNING

Lynn Whidden

After several decades of travel and teaching in Canada's North it is intriguing to reflect upon the Brandon University Northern Teacher Education Program (BUNTEP). In my view, its very failure may be seen as its success.

The main feature of BUNTEP, many of whose students are Native, is that it is offered in home communities. We offer undergraduate degrees in arts and education to students from northern Manitoba who often do not have the academic prerequisites for courses. But with extra support, they achieve exit skills supposedly commensurate with on campus graduates.

And yes, upon completion students do have considerable knowledge and skill, yet critics of the program are correct in pointing out deficiencies, particularly in the area of communication skills. My response is that many of these so-called deficiencies are in-

deed cultural differences and that, as long as we offer courses in the communities, the differences will remain. To which some say that northern Native culture is mostly a culture of poverty shaped by a century and a half of colonialism and that education standards must be universal. Probably the truth of modern Native life is somewhere in between: the strands of Native and non-Native life are by now woven together and any effective education program has to take into account this reality. To fully understand, here are a few of my observations of a group of Cree, the *Iiyiyuu* of northern Quebec.

For generations the Cree have lived in the subarctic in family groupings suitable for successful hunting, mostly speaking the Algonquian language. In the 1970s a group living in Fort George was moved to Chisasibi, Quebec because of the hydroelectric project

on the LaGrande River. But I noticed that even when moved into modern communities local conversations were primarily about the animals and the hunt. Still, as one would expect, people were quite familiar with southerners through the presence of fur traders, missionaries, and government employees (Whidden, 2007).

Although considerable hunting continues for food, trapping no longer provides a viable living, and by the 1980s the old lifestyle was moribund. Highways, many all season, now crisscross the northern parts of Canada's provinces; most communities have daily air service, and modern communications media connect every community to the outside world. There is great desire for southern goods and services, and frequent commuting to the south. I've driven with colleagues to Winnipeg, about 600 miles south on tenuous roads.

It is a common practice to leave after school on Friday and return late Sunday in time for work on Monday. Some youngsters are sent off reserve for high school education and many others attend university in Winnipeg and other urban centres. Frequently, southern-trained people remain in the south.

Meanwhile, education on reserves falls far short of national standards (Office of the Auditor General of Canada, 2000). Yet, even after the enormous disappointment of the residential schools, people still have faith that their local schools and teachers will work for them. They have not given up on education both at school and university levels. In the landmark 1971 declaration *Wahbung – Our Tomorrows* by the Manitoba Indian Brotherhood it is stated that, "We, the Indian people of Manitoba believe in education" (p. 116), and this support is further shown in the fact that bands allocate much of their budgets to students attending university, including the access programs at Brandon University. The result is that a preponderance of elementary teachers (up to 60% in some communities) in Manitoba's north have graduated from a Brandon University access program.

Why has tiny Brandon University (campus population approximately 3000) been so successful in training Native teachers for northern Manitoba schools? There is no doubt that Brandon University professors, like professors everywhere, were imbued with the spirit of social activism that began in the 1960s. They did get an early start: by the 1970s they were running a program called IMPACTE, the forerunner to BUNTEP, that provided degree programs to Native peoples in remote, almost inaccessible areas. But I suspect that the main answer lies in small size: Brandon has been able to personalize their offerings and to respond flexibly to the extraordinary needs and requests from the community students.

In ways that are subtle but significant for their education, I observe that northern students retain an essentially Native personality that is different from non-Native students: they are quiet in entering and exiting the classroom (which happens more frequently!); in contrast to non-Native society where time rules, in Native classes time is manipulated for the benefit of all; they quietly watch and listen, there is little overt reaction; voices are soft – in two decades I've not heard one raucous voice; there is an ethos of doing just enough to succeed, economy of effort in all

pursuits; although not total, there is great tolerance for human foibles and considerable support, emotional and material, for others in substantial need.

On the other hand, in this new millennium, Native students are as trendy if not more so, than non-Native students, although there remains a predilection for subdued colours. They all have cell phones and laptops. Indeed I believe them to be some of the hippest students on earth: they are not rooted in western history; most homes have few books to be seen and these few are from the small selection occasionally carried by the Northern Store. But every home has a television and increasingly, internet service. Indeed, the literacy gap between Native and non-Native students (whose skill levels are falling) is lessening as young people everywhere seek to explore their environment by means of technology rather than with book reading. And finally, almost any situation can be given a humorous twist. Perhaps one could sum the classroom up as a non-hierarchical gathering that surely is in keeping with Colin Scott's characterization of Cree society, men-



tioned above, as less hierarchical and lacking the central control of non-Native society (Scott, 1996).

I suggest that the physical environment remains the impelling force of the northern personality. In fact, without their land, they lose the qualities, just described, that distinguish them as Native. While younger generations may not be hunting in great numbers, they are connected to the land by their ongoing knowledge of, and belief in, the old ways. Much of this is an assumed mental knowledge, seldom spoken, yet the old stories and practices continue, as does the language. While there is great interest in western science and the observable benefits of technology in the communities, there remains hesitancy to engage fully if they contradict the old knowledge of the local environment. Perhaps such truths are required for survival in that environment? In any case, it is apparent to me that my rants about the value of science are met with quiet skepticism, a valuable reaction indeed.

BUNTEP, through education offered in the communities, sustains this implicit heritage and yet rarely have I heard this fact articulated. This contrasts with the Brandon University Hutterite program (BUHEP) where the desire to maintain the life led on the colonies is forcefully asserted and, to some extent, enforced in the program. Perhaps much of Native worldview, as discussed above, is harder to concretize. And there is no doubt that at every turn non-Natives have tried, often forcibly, to integrate Natives into mainstream western society. Some attempts have been successful in removing people from their Native heritage. This is shown by an increasing urban middle class and by a growing rate of incarceration and use of social services by aboriginals.

Native leaders and politicians clearly recognize the differences, yet many choose to

argue for their survival and well being as a people by using mainstream tactics – displays of power and aggression. They support grandiose external displays like powwows, impressive casinos and flamboyant dress which to northern Natives are not only irrelevant but also fodder for humorous remarks. Although I recognize the need for political action, in my opinion there's a more effective way to remain Native, as exemplified by BUNTEP: build your communities and educate your children there. Whenever Aboriginal students stay in their home environment to be educated, their worldview lives on in the above-mentioned, often intangible qualities passed down through the generations.

But educators must ask whether the old Native qualities, so different from those of modern societies, are worth preserving. More importantly, do they offer young people any chance for a good life in the face of a long history of outside oppression? I suggest that they are worth holding on to. Non-Native dominance is attenuating as the environmental crisis increases because westerners are seriously considering other ways of living on the planet. The fact that this northern worldview continues despite the pain caused from culture clash is evidence of its strength and of its adaptive advantage over the long term. Outside of the modern built environment northern aboriginal peoples lived a life acutely aware of, and delicately balanced within, the local natural environment of which they saw themselves as an endemic part. Read the creation myths! Their ongoing attitudes of humbleness, resilience rather than dominance, change versus stasis, and connectedness to family and locale may make them the peoples of the future.

Their roots in the old ways of thought are evident the moment you approach a reserve. To this day, and despite at least one new large building which is the local school, human architecture does not dominate the natural environment. There are no solid old buildings, iron fences, or monuments to past

heroes. There is none of the dreary sameness caused by rigid building codes and no rectangles of green grass are to be seen. Buildings seem like they could merge with the forest, rivers, and rocks at any time. And clearly, few people see their homes as a lifelong dwelling, in keeping with the former necessity of building a new home each year with forest materials when following the animals. In some places horses, and more recently hogs, roam the community, which people view as whimsical. Dogs are everywhere and it seems to me that they are viewed as failed wild animals (wild animals are held in high regard) whose dependence upon humans is seen as contemptible. Even official buildings soon bear the stamp of the community. The weekend following 9/11 we waited on the tarmac in a northern community watching ravens rip open the bags of potato chips awaiting delivery. Icons of the local Christian saint hung over the ticket counter where we checked in, and at all times we were surrounded by the joking and laughter of local people.

How has BUNTEP, hundreds of miles south, fostered the local worldview? In my opinion, much of it has been inadvertent. And when recognized, it is seldom discussed, for it is not a matter of pride that despite our efforts, many of our graduates, although knowledgeable people, have never entirely bought into southern protocols of teaching.

BUNTEP employees in the communities are nearly all non-Native (in my view a telling statement about the reluctance of aboriginals to submerge themselves in the non-Native world). Yet, overall, successful BUNTEP professors tend, themselves, to be outside of the mainstream, often from minority groups, or women who did not find themselves fitting in well on the campuses of the 70s and 80s. At the very least, they are more accepting of differences and many push further to understand and accommodate the people they are teaching.

Most search the community for local expertise and content to incorporate into

courses – local landforms for geology, local legal hearings and political meetings for Native Studies, oral narratives for English class, and so on. Just as content changes, so does the vocabulary used for teaching. For example, Professor David Westfall compiled a volume of non-Native idioms that are incomprehensible to northerners (Westfall, 1995). As mentioned earlier, professors are soon trained to begin when everyone gets there, not at an arbitrary time. They learn to schedule classes around extreme weather conditions and fuel shortages that prevent transportation, but most frequently around wakes and funerals, which the entire community must attend to support each other. While the vagaries of classroom schedules are easy to accept, the physical discomforts such as no indoor plumbing (or more often, failed indoor plumbing) are harder. Yet most are discussed with a great deal of humour, and even realization that valuable insight is gained into the lives of local people who endure similar conditions.

Moreover, centre coordinators are employed to help with facilities, to help students study and professors teach. The contrast between the centres run by local coordinators and outside coordinators is immediate. Invariably, local coordinators show little concern with appearance of the centre, and the local radio station frequently provides a constant aural background where the time of day is known by whose music is being played – elders take the microphone during the morning slot and young people show up later. Local coordinators create a casual, informal setting where there is quiet acceptance of all sorts of problems followed by a measured, thoughtful response (or not) to their resolution. In contrast, outside people take great care for neatness, for organization of books and reference materials, and for maps and educational messages on the walls. They tend to take a more critical stance and then immediate and forthright action to resolve problems. Despite the informality of the local coordinators, the BUNTEP building usually stands in solitude

and I have noted that people on the reserve do not visit the centres.

I suggest also that Brandon University's access programs have flourished for four decades because of distance from campus supervision and because its rules are not subject to the intractability that large numbers of people require. Local exigencies require adjustments at every level if our students are to succeed. BUNTEP office staff are called upon regularly to mediate with on-campus office staff issues regarding student registration, late grades, missing grades (and students!). When bills are not paid, or more likely, not paid on time, the system shudders. In the early days when BUNTEP personnel were eager to show results to the communities, new courses were sometimes offered before university senate approval and occasionally students completed courses before they were registered (Nicol, 2006).

While the stated goal of BUNTEP is to provide a community-oriented educational perspective no one could have foreseen the extent to which the Native presence changes both the content and structuring of university programs despite the efforts to run an "on time, bottom line" system. In 2007 I wrote, "Each class of Native graduates changes the system and the approach of their teachers" (Whidden, 2007). This brings to mind Robert Pirsig's observation in his book *Lila* that it is the aboriginal population that has made North America quite different from Europe:

The slips went on and on detailing European and Indian cultural differences and their effects, and as the slips had grown in number a secondary: corollary thesis had emerged: that this process of diffusion and assimilation of Indian values is not over. It's still with us, and accounts for much of the restlessness and dissatisfaction found in America today: Within each American these conflicting sets of values still clash.

Although the quote is now dated, my observations indicate that the differences remain and that for Natives seeking education in non-Native institutions and for the educators in those institutions, the dilemma of satisfying both populations will be ever present. But it is also evident that flexible programs such as BUNTEP are a workable model: students graduate and the school gymnasiums are packed with proud relatives to celebrate their success and with community leaders who are delighted to have local teachers.

Lynn Whidden is an ethnomusicologist and professor in the Brandon University Northern Teacher Education Program.

References

- Manitoba Indian Brotherhood. *Wahbung – Our Tomorrows*. Winnipeg, 1971.
- Mendelson, Michael. *Improving education on Reserves: A First Nations Education Authority Act*. Caledon Institute, 2008.
- Nicol, Garry D. *BUNTEP An Historical and Theoretical Study of the Brandon University Northern Teacher Education Project from Infancy through Maturity: 1974 to 1990*. Ph.D. dissertation, Brandon University, Brandon, Manitoba, 2006.
- Office of the Auditor General of Canada, 2000. *Report of the Auditor General of Canada, 2000*. www.oag-bvg.gc.ca.
- Pirsig, Robert. *Lila: An Inquiry into Morals*. Bantam Books, New York, 1991.
- Scott, Colin. Science for the West, Myth for the Rest? The Case of James Bay Cree Knowledge Construction. In: *Naked Science*. Laura Nader, ed. Routledge, New York, 1996.
- Westfall, David. *English-Island Lake Dictionary of Idioms*. Blue Sky Publishing, Brandon, Manitoba, 1995.
- Whidden, Lynn. *Essential Song Three Decades of Northern Cree Music*. Wilfred Laurier University Press, Waterloo, 2007.

BOOK REVIEW

Bernard J. Brister

The Canadian Forces and Arctic Sovereignty: Debating Roles, Interests, and Sovereignty 1968–1974, Whitney Lackenbauer and Peter Kikkert, eds. Wilfrid Laurier University Press, 2010. 398 pp., \$34.95, paper. ISBN: 9781926804002.

This review has gone through a number of phases including both enthusiasm and disappointment since I agreed to do it in the fall of 2010. Initial enthusiasm for the review of a new work on a topic of central professional and personal interest gave way to a sense of disappointment when the book arrived in the mail and I discovered it to consist primarily of research material lifted from the archives. Upon consideration however, a renewed sense of interest developed for an assessment of the intellectual and academic contribution to the body of knowledge that such a work could make. I am compelled to say that my initial sense of disappointment and misgiving regarding this contribution is without merit and that the work represents an interesting and valued addition to the scholarship on this topic.

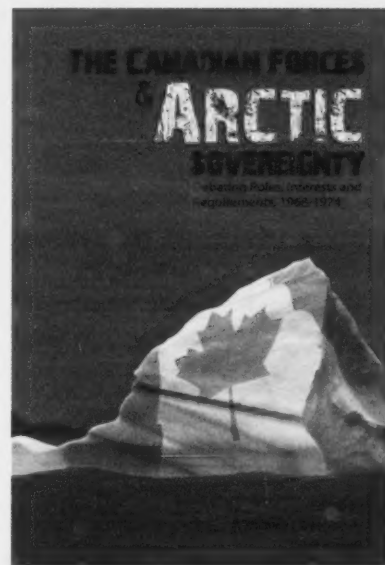
The book is rich with information and guidance for both the Arctic neophyte and the experienced researcher. The full value of the work cannot be derived without careful consideration of each of its main components. As such the review and analysis of the book will cover each of the main sections of the book to include the introduction and research pieces themselves, the afterword, further reading section, and the index.

The main focus of the book, the introduction and the documents themselves, provides both an excellent historical context as well as key linkages and comparisons with contemporary concerns that reflect, as mentioned by Dr. Huebert in his afterword, exactly how little things have changed over the

years. The introduction raises and discusses in a rough chronological and issue-based order, the key aspects of the military role in the Arctic that correspond to the documents themselves in the chapters that follow. The introduction also contributes to the treasure trove of research information and references by way of the numerous footnotes that support the commentary and discussion of the era.

The introduction begins with an overview of the history of Canadian sovereignty concerns. These included the lack of those concerns in the immediate post-war era that subsequently evolved into serious ones as the Cold War era developed and nuclear submarine capabilities of the major powers established the Arctic waters as areas of strategic concern. Debates on exactly how sovereignty should be exercised led to discussions of military contributions to that objective. Inevitably came discussions of exactly what utility the military would have in this situation, as a direct confrontation with any major power was not seen as a viable option by any Canadian government.

The book documents well the evolution of American interests and rhetoric regarding Canadian claims and their influence on the overall Canada–United States security relationship, and links this to the geopolitical and strategic security concerns of the two countries. Also covered in this section is the genesis of the current Canadian concerns regarding environmental pollution, exploitation of strategic resources, and the immense economic potential of the region as a transit route for global trade. Of specific interest with respect to the evolution of military thought on Arctic sovereignty is the parallel but not necessarily congruent evolution of Canadian diplomatic efforts and strategies. Over the time-frame under study and in the subsequent evolution of Canadian policy, these ranged from quiet negotiation to higher-profile public statements and commitment of resources, and changed priorities in government spending. This higher profile Canadian response is



seen primarily as a response to the development of a more aggressive profile in American actions and policies as their interests in the Arctic grew from negligible to substantial, encompassing strategic security, mobility, and resource ownership.

When this higher-profile response did not achieve Canadian objectives, there was a shift, under Prime Minister Trudeau, to an environmental stance – protecting the Arctic as the environmental guardian of the region on behalf of the world. This evolved into a search for functional sovereignty: control over the use of the waters as opposed to a declaration of outright ownership. This approach is echoed today in Canada's application under the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) due by 2013, to determine the area of its extended continental shelf – and appears to be an enduring strategy with good legs.

Even the shift in strategy from a pure sovereignty approach to one of global environmental guardian resulted in a continuation of the unresolved national debate on the role for the Canadian military. This was especially problematic given that, at the time, the biggest challenger appeared to be the United States whose regional environmental interests were similar to Canada's. Into this mix the

editors have inserted a challenge to the whole concept of using military force to achieve Canadian objectives by Eric B. Wanger, who contends that the use of the military may even hurt the Canadian sovereigntist cause.

The subtext of the whole discussion highlights the overall message the editors are attempting to convey – that the Canadian strategy and its military component, whatever that may be, should be the subject of a carefully thought out process. The combination of the introduction narrative and the supporting documentation that follows certainly meets the stated objective of providing a partial but revealing source of information on the issues surrounding the military role in Canadian Arctic sovereignty in this critical period.

My first reaction upon seeing that an afterword by Dr. Rob Huebert had been inserted was that this was an innovative way of getting a pre-review review done by one of the leading authorities in the field – and indeed it was. Having concluded thus, I resolved not to read his thoughts, comments, and recommendations until after I made my own review and assessment. I am happy to report that Dr. Huebert's thoughts are different enough from my own that we both bring emphasis to the strengths of the work without being repetitive; and they were similar enough that I did not feel compelled to reconsider my own thoughts and comments. I am not sure why his recommendations were not included as a foreword, but their presence in the book no doubt serves the intended purpose of recommending the work to the reader.

The section on further reading is both an interesting and valuable contribution to the overall utility of the work. The editors have provided undergraduates and other newcomers to the topic a basic and valuable summary of relevant publications. These works furnish an excellent starting point for serious students of the Canadian Arctic who wish to include the issue of Arctic sovereignty in their research programs.

The index to this work is a critical com-

ponent of its overall utility as a research resource for readers at every level of interest and expertise. While a number of readers will peruse the entire book for a general overview of the topic and the era, these same people and a large group of others will go to the index to locate references that pertain to their own specific research interest, question of the day, or project. As such the detail and completeness of the index was a central concern in my overall assessment of the work.

From reading several of the references and reviewing their coverage in the index it was clear that the editors have done a good job of referencing key words in the documents. The value and utility of the work could have been improved, however, had they chosen to go beyond the rigid norms of an index and inserted references to concepts, ideas, or policies mentioned or discussed in the pieces. Expanding the index beyond its somewhat traditional boundaries would have added worth to an already valuable component of the work.

Taken as a whole, Lackenbauer and Kikkert's book represents an important contribution to the evolving body of knowledge on the Canadian Arctic in general and the military aspects of that issue in particular. The introduction provides an effective summary of Canadian policy and activities in an era that is central to understanding what has transpired over the intervening 36 years. The selection of research documents gives newcomer and established academic alike an effective overview of what is available in the archives and a ready reference for some of the key issues and perspectives of the time.

The elements presented after the research material add to the value of the work. The afterword by Dr. Huebert provides additional perspective, and the "further reading" section and the index both contribute valuable research and references that connect the information in the book with its greater context and ensure that it will become a handy reference for ongoing use. *The Canadian*

Forces and Arctic Sovereignty is a valuable work that makes a significant contribution to research on the Canadian Arctic.

Major Bernard J. Brister is Assistant Professor in the Department of Politics and Economics and Chair, Military and Strategic Studies, at Royal Military College of Canada.

NEW BOOKS

La femme de la mer: Sedna dans le chamanisme et l'art Inuits de l'Arctique de l'Est, by Frédéric Laugrand and Jarich Oosten. Les Éditions Liber. ISBN: 978-2-895-78-209.

"This work discusses [Inuit shamans] and the non-human world with which they dealt. Among the 'imaginary' beings that inhabit this world is Sedna, a central figure in many Inuit legends. The authors examine the variants of Sedna and different versions of the legends in which she appears. They also present images of contemporary works of Inuit art that give shape to the many transformations of Sedna and bear witness to the profound influence that the ancestral shamanic tradition still exerts. [translation]"

(Les Éditions Liber)

Making a Living: Food, Place, and Economy in an Inuit Community, by Nicole Gombay. Purich Publishing. ISBN: 978-1895-830-590.

"... Quoting local residents and drawing upon academic literature, [the author] ex-

plores how some Inuit are experiencing the inclusion of the market into their economy of sharing. While the subject of the study is the Inuit community of Puvirnituq, the issues the author addresses are equally applicable to many Indigenous communities as they wrestle with how to incorporate the workings of a monetized economy into their own notions of how to operate as a society. In the process, they are forging new ways of making a living even as they endeavour to maintain long-standing practices." (Purich Publishing)

Acts of Occupation, Canada and Arctic Sovereignty, 1918-25, by Janice Cavell and Jeff Noakes. University of British Columbia Press. ISBN: 9780774818674.

"*Acts of Occupation* pieces together the engrossing story of how the self-serving ambition of explorer Vilhjalmur Stefansson ultimately led Canada to craft and defend decisive policy on its claims to the Arctic. Drawing on a wealth of previously untapped archival sources, including the private papers of explorers Shackleton, Rasmussen, and Stefansson, historians Janice Cavell and Jeff Noakes show how unfounded paranoia about Danish designs on the north, fueled by Stefansson's deliberate dissembling of his own motives and by the fears of civil servant James Harkin, was the catalyst for Canada's active administrative occupation of the Arctic."

(UBC Press)

HORIZON



68th Annual Meeting of the Eastern Snow Conference

Montréal, Québec

14-16 June, 2011

www.easternsnow.org/annual_meeting.html

7th Conference of the International Arctic Social Sciences Association (ICASSVII) – Circumpolar Perspectives in Global Dialogue:

Social Sciences beyond the IPY

Akureyri, Iceland

2-26 June 2011

iassa.org/icass-vii

POAC 2011:

21st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions

Montréal, Québec

10-14 July 2011

poac11.com

13th Arctic Ungulates Conference: Challenges of Managing Northern Ungulates

Yellowknife, Northwest Territories

22-26 August 2011

www.auc2011.ca

MERIDIAN

is published by the Canadian Polar Commission.

ISSN 1492-6245

© 2011 Canadian Polar Commission

Editor: John Bennett

Translation: Gérard-R. Verreault, Suzanne Rebetez, John Bennett

Design: Eiko Emori Inc.

Canadian Polar Commission
Suite 1710, Constitution Square
360 Albert Street
Ottawa, Ontario
K1R 7X7

Tel.: (613) 943-8605

Toll-free: 1-888-765-2701

Fax: (613) 943-8607

E-mail: mail@polarcom.gc.ca

www.polarcom.gc.ca

Meridian is printed on paper certified by the Forestry Stewardship Council.

The opinions expressed in this newsletter do not necessarily reflect those of the Canadian Polar Commission.

To receive printed copies of *Meridian* please contact the editor. There is no subscription charge.



MÉRIDIEN

DÉLIMITER LE PLATEAU CONTINENTAL ÉTENDU DU CANADA DANS L'ARCTIQUE

Jacob Verhoef et Julian Goodyear

Délimiter le plateau continental étendu
du Canada dans l'Arctique 1

Impacts des tempêtes et du changement
de climat de l'Arctique sur les processus
océanographiques côtiers 8

Le modelage de l'écosystème nordique
de demain:
insectes, araignées et animaux
apparentés de l'Arctique
dans un climat changeant 12

D'étudiante à chercheure:
leçons d'un stage
en recherche nordique du CRSNG 17

Le programme de formation
des enseignants du Nord
de l'Université de Brandon:
formation et
apprentissage bilatéraux 22

Critique de livre 25

Nouveaux livres 27

Horizon 28

La Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS) a été parfois qualifiée de « constitution des océans ». Au total, elle compte 161 États parties, dont le Canada, qui l'a ratifiée en 2003, de sorte que la Convention est devenue l'un des traités les plus largement acceptés au monde. L'éventail de ses dispositions porte sur la recherche scientifique marine, la navigation, la mise en valeur des ressources, la protection de l'environnement marin, la gestion des pêches et le règlement des litiges.

La Convention établit une série de zones maritimes assorties de leurs droits et obligations. Tous les États côtiers, par exemple, ont droit à un plateau continental de 200 miles nautiques, ou davantage s'ils satisfont à certains critères, comme ce peut être le cas du Canada, et d'environ 60 à 70 autres États. Un État a des droits souverains sur les ressources naturelles sur ou sous le plancher océanique de son plateau continental et compétences sur certaines activités, par exemple la recherche scientifique marine. Le fond marin au-delà des plateaux continentaux est appelé la Zone et est administré par l'Autorité internationale des fonds marins.

L'UNCLOS ET L'ARTICLE 76

Les droits souverains d'un État sur les ressources de son plateau continental, y compris celles au-delà des 200 miles nautiques, sont exclusifs et ne dépendent pas de l'occupation ou de la proclamation. Toutefois, les États doivent délimiter avec

précision la zone dans laquelle ils peuvent exercer ces droits et l'article 76 de la Convention établit un processus à cette fin.

Pour prouver qu'il satisfait aux exigences de l'article 76, l'État côtier doit recueillir les données géologiques et géomorphologiques nécessaires pour délimiter son plateau continental étendu. L'article 76 précise les formules pour mesurer le plateau continental vers le large, et les contraintes au-delà desquelles ne peut s'étendre le plateau. La forme du fond marin, sa profondeur et l'épaisseur de la couche sédimentaire sous-jacente sont des facteurs essentiels. Les États côtiers appliquent ces formules ou contraintes pour établir les limites extérieures et déposent une demande à la Commission des limites du plateau continental (CLPC).

La CLPC, composée de spécialistes en géologie, géophysique ou hydrographie élus par les États parties à la Convention pour un mandat de cinq ans, étudie les demandes et répond en transmettant ses recommandations. Si l'État accepte ces recommandations, il prépare un règlement pour appliquer les coordonnées (latitude et longitude) du plateau et les présente à l'ONU. Seul l'État côtier peut fixer les limites extérieures de son plateau et lorsqu'il le fait d'après les recommandations de la CLPC, ces limites sont finales et exécutoires. Il est important de signaler que la CLPC n'a pas le mandat de régler les différends entre États et que les mesures de la CLPC sont prises sous toute réserve concernant la délimitation des frontières entre les États côtiers. Les litiges



doivent être réglés par les États concernés, par négociation ou au moyen d'un processus de règlement des différends.

Les États ont dix ans à compter de la date où ils sont devenus États parties à la CLPC. Chaque pays a son propre échéancier qui dépend du moment où il est devenu État partie. Le Canada a ratifié l'UNCLOS en décembre 2003 et doit donc présenter sa demande en décembre 2013.

PROGRAMME SUR LE PLATEAU CONTINENTAL ÉTENDU DU CANADA

Au milieu des années 1990, le Canada a mené une étude théorique à l'aide des ensembles de données existants afin d'obtenir un indice préliminaire de son plateau continental étendu aux termes de

l'article 76 (figure 1). Il est ressorti de cette analyse que le Canada possédait peut-être un vaste plateau continental étendu – de la taille des trois provinces des Prairies – dans l'Atlantique et dans l'Arctique (LGC, 1994).

Après que le Canada ait ratifié l'UNCLOS, on a commencé à acquérir les données nécessaires pour transmettre à la CLPC un dossier défendable et scientifiquement fondé. Obtenir la reconnaissance internationale de la pleine étendue du plateau continental du Canada est une priorité du gouvernement canadien.

Le programme du plateau continental étendu (PCE) relève conjointement d'Affaires étrangères et Commerce international Canada (MAECI), de la Commission géologique du Canada (CGC), de Ressources naturelles Canada et du Service hydrographique du Canada (SHC), de même que de Pêches et Océans Canada. Le

Figure 1

Plateau continental étendu possible du Canada d'après une étude préliminaire menée au milieu des années 1990. Le trait brun marque la Zone économique exclusive (ZEE) du Canada et le trait vert, la limite extérieure préliminaire du plateau étendu. Le graphique vise uniquement des fins d'illustration.

MAECI est le conseiller et l'expert juridique et doit préparer et présenter la demande à la CLPC. Les CGC et le SHC entreprennent les travaux scientifiques et techniques nécessaires. Cela comprend les levés bathymétriques et sismiques afin de préciser le bas de pente du plateau continental, de cartographier le tracé à 2 500 mètres de profondeur et de mesurer l'épaisseur des sédiments afin d'établir le point où l'épaisseur des sédiments

est à 1% de la distance du bas de pente. Il faut également des levés afin de préciser si les élévations submergées sont des prolongements naturels du plateau continental.

Nous avons mis au point un programme de levés du plateau continental pour les océans Atlantique et Arctique. Les levés dans l'Atlantique ont été menés en 2006, 2007 et 2008 et les données sont en cours d'analyse. Nous recueillons actuellement des données dans l'Est et l'Ouest de l'Arctique.

LE PROGRAMME DE L'ARCTIQUE

L'océan Arctique est l'un des océans les moins étudiés du monde. Son éloignement, son environnement difficile, l'imprévisibilité du temps et des glaces et la brièveté des campagnes saisonnières font de la recherche un défi technologique. Les conditions des glaces dans l'Ouest de l'Arctique permettent généralement le recours à des brise-glace lourds mais, dans l'Est de l'Arctique, c'est souvent très difficile, voire impossible. De la sorte, de vastes étendues de l'océan Arctique ne sont pas encore cartographiées (figure 2) et nous ne disposons pas de données suffisantes pour délimiter de façon fiable le plateau continental.

La géologie de l'océan Arctique est complexe. Le bassin canadien dans l'ouest se compose d'un fond marin couvert d'une épaisse couche de sédiments (figure 2) dont l'épaisseur, facteur clé, est déterminée par les levés sismiques et bathymétriques menés par des brise-glace. Par contre, l'Est de l'Arctique est dominé par deux immenses chaînes montagneuses sous-marines, les dorsales Lomonosov et Alpha-Mendeleev. Pour établir les limites extérieures du plateau continental dans l'Est de l'Arctique, la première étape est d'établir si ces caractéristiques sont des prolongements naturellement liés au plateau continental canadien. Nous étudions cette question à partir de camps de base extracôtiers construits sur la glace, en utilisant des hélicoptères, d'autres aéronefs et des véhicules sous-marins pour recueillir des données. Nous illustrons à la figure 3 le plan global quinquennal de levés.

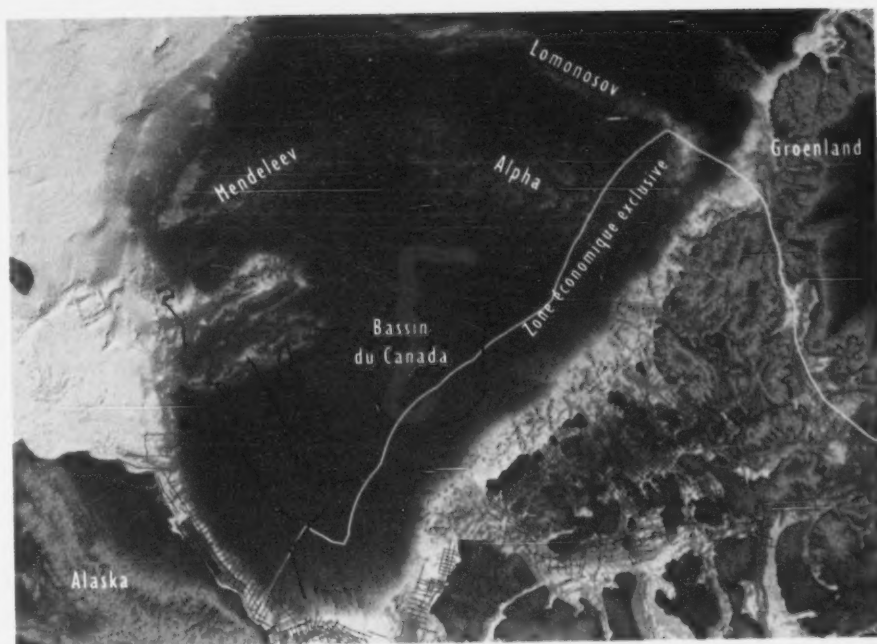
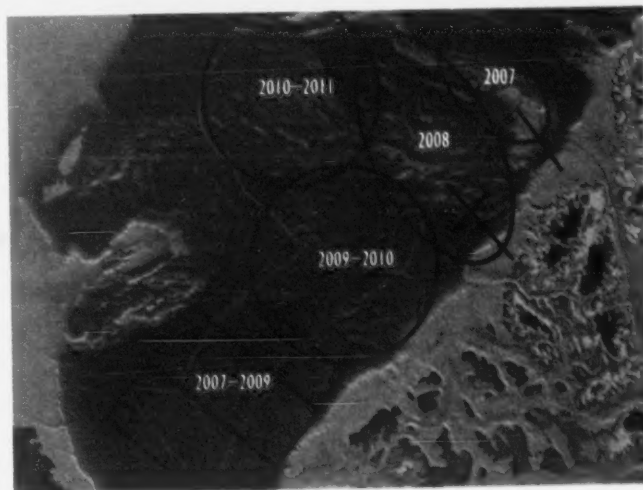


Figure 2
Bathymétrie générale de l'océan Arctique (d'après l'International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean, Jakobsson et al., 2000). Également illustrées : les données sismiques du bassin Canada et des environs, recueillies avant les levés du PCE.

COLLABORATIONS INTERNATIONALES

Les États côtiers qui sont nos voisins dans l'Arctique, à savoir la Russie, la Norvège, le Danemark et les É.-U., sont tous à des stades différents de délimitation de leur plateau continental étendu. La Russie a été le premier pays à déposer sa demande devant la CLPC en 2001. Et celle-ci a fait des recommandations de révision. La Russie recueille actuellement davantage de données et travaille à apporter les révisions; la Norvège a déposé sa demande en 2006 et obtenu des recommandations positives en 2009 et est maintenant au stade de l'établissement de ses limites extérieures. Pour le Danemark, l'échéance tombe

Figure 3
Plan des levés dans l'Arctique canadien. Les cercles indiquent les zones où les données seraient recueillies à l'aide de camps sur la banquise. Les rectangles indiquent les zones où on aurait recours à des brise-glace. Les lignes noires épaisses dénotent les levés par réfraction sur les dorsales Lomonosov et Alpha.



en novembre 2014 et ce pays a déjà présenté une demande partielle pour les zones entourant les îles Féroé et recueille et interprète des données pour les zones continentales entourant le Groenland. Les É.-U. ne sont pas État partie à l'UNCLOS, mais ce pays recueille néanmoins des données pour définir son plateau continental.

Tout comme le Canada, ses voisins travaillent également à la collecte de données dans l'Arctique. Puisque c'est une entreprise difficile et coûteuse, le Canada a cherché et établi des partenariats offrant un avantage mutuel pour recueillir les données nécessaires. Cette collaboration réduit les risques associés à la collecte de données nouvelles dans un environnement à haut risque en offrant davantage de possibilités de garantir l'exécution du travail. Cela réduit les coûts et les répercussions environnementales, tandis qu'une interprétation des données communes par des pays voisins augmente la probabilité de succès de la demande présentée.

Au cours des cinq dernières années, le Canada a travaillé de concert avec le Danemark sur sept levés conjoints du plateau continental au nord de l'île Ellesmere et du Groenland, ainsi que dans la mer du Labrador. Nous avons également interprété et publié les résultats conjointement avec nos partenaires danois. Dans l'Ouest de l'Arctique, le Canada a mené trois levés conjoints



avec les États-Unis (2008, 2009 et 2010) et un quatrième programme de levés est prévu pour 2011. Les deux pays ont interprété et présenté les données ensemble et les publications conjointes sont en préparation. Les représentants du Canada, du Danemark et de la Russie se sont en fait rencontrés annuellement depuis 2007 afin de discuter de leurs recherches sur leur plateau continental respectif et se sont joints à eux les représentants des États-Unis (à compter de 2009) et de la Norvège (à compter de 2010).

Figure 4

Photo des enregistreurs sismographiques utilisés dans les expériences LORITA et ARTA. Environ 150 enregistreurs ont été installés sur la glace, distancés de un à deux kilomètres et cette configuration a servi pour enregistrer les vitesses crustales. Photo : R. Jackson, GSC.

PROGRAMME DU CANADA DANS L'EST DE L'ARCTIQUE

Le Canada et le Danemark (Groenland) ont tous deux intérêt à prouver que la dorsale Lomonosov est un prolongement naturel du continent. Pour le Canada, il est important également d'établir qu'il en va de même de la dorsale Alpha. La bathymétrie fait ressortir un graben au nord de l'île Ellesmere qui semble séparer les dorsales du continent. Pour établir si les dorsales sont en fait séparées, il faut établir une image de la structure de la croûte terrestre sous le fond marin. On peut l'obtenir à l'aide de levés sismiques pour mesurer la vitesse sismique crustale des dorsales (figure 4) afin de les comparer à celles du continent adjacent. De plus, la forme du fond marin et des dorsales peut être mesurée à l'aide d'hélicoptères équipés de sondes bathymétriques faisant des relevés ponctuels.

Le Canada et le Danemark ont uni leurs efforts, au printemps de 2006, dans le projet LORITA (ou Lomonosov Ridge Test of Appurtenance [preuve d'appartenance de la dorsale Lomonosov Ridge]) et ont mené des levés sismiques et bathymétriques sur la dorsale Lomonosov à l'aide de la station Alert des Forces canadiennes comme base principale et en établissant un petit camp sur la glace à environ 100 km au large. On a atteint le principal objectif du projet et recueilli des données sismiques de grande qualité, malgré une perte de 67 % à 70 % des jours en raison du mauvais temps. La communication scientifique (Jackson *et al.*, 2010) résultant de l'interprétation conjointe com-



Figure 5

Image du camp sur la banquise au cours de l'expérience ARTA, situé au large de l'île Ellesmere. Également illustrée, la piste d'atterrissage construite pour permettre à l'aéronef d'apporter l'équipement et le matériel au camp. Photo : Jon Biggar, CHS.

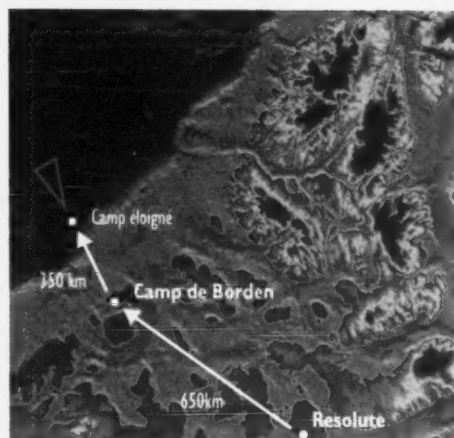


Figure 6A (à gauche)

Diagramme de localisation du principal camp sur la banquise Borden et du petit camp sur la banquise au large. Tout l'équipement a été transporté à Resolute et ensuite amené par avion dans les deux camps



Figure 6B (à droite)

Image du camp principal Borden. Le camp comportait 17 tentes et une population de plus de 40 personnes. Également illustrée dans le coin supérieur droit, la piste d'atterrissage. Photo : Janice Lang, DRDC.

portait la conclusion qu'il y a continuité de la croûte continentale des côtes de l'île Ellesmere et du Groenland au graben et jusqu'à la dorsale Lomonosov comprise et qu'il n'y a pas de croûte océanique intermédiaire.

L'étape suivante était de mener un projet analogue pour la dorsale Alpha. En mars-avril 2008, nous avons exécuté le projet ARTA (ou Alpha Ridge Test of Appurtenance [preuve d'appartenance de la dorsale Alpha]), à savoir une expérience de réfraction sur la glace afin d'établir la structure de la dorsale. Nous avons comme base un vaste camp sur la glace (figure 5) près de l'embouchure du détroit de Nansen (île Ellesmere) et un petit camp à environ 100 km au large. Les résultats de l'expérience ne sont pas encore totalement analysés et publiés, mais les résultats préliminaires ont été présentés (Funk *et al.*, 2010).

Au printemps 2009, nous avons amorcé un projet de levés conjoints avec le Danemark et recueilli une vaste quantité de données bathymétriques afin de mesurer la forme du fond marin entre les dorsales Alpha et Lomonosov. Pour ce travail, encore une fois, il a fallu établir un grand camp sur la glace près des côtes. La construction d'un grand camp sur la glace, notamment l'aménagement d'une piste pour l'aéronef approvisionneur, prend du temps et est coûteux mais, de façon générale, cela fonctionne bien. La grande préoccupation pendant tous ces levés était la météo imprévisible: les chenaux libres de glace ont engendré un brouillard glacé qui a cloué au sol les hélicoptères, de sorte que nous avons recueilli moins de données. De plus, la zone plus au

large est devenue dangereuse en raison de la rupture des floes, provoquant en 2009 l'évacuation d'urgence du petit camp établi au large. Le travail en 2010 et 2011 dans l'Est de l'Arctique (figure 3) est encore plus éloigné des côtes, exigeant encore une fois la construction de grands camps. Compte tenu de l'expérience de 2009, on estimait généralement que cela serait très risqué.

L'une des solutions de rechange, soit le recours à des brise-glace, ne semblait pas possible: un levé conjoint avec les Danois en 2007, à l'aide du brise-glace danois *Oden* accompagné par un puissant brise-glace nucléaire russe n'a pas permis de rejoindre cette région. L'expérience nous a convaincu qu'il fallait pouvoir aller sous la glace, plutôt que simplement sur celle-ci ou à travers celle-ci, de sorte qu'en septembre 2008, nous avons amorcé un projet conjoint avec Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC) afin de recueillir des données à l'aide de véhicules sous-marins autonomes.

V É H I C U L E S O U S - M A R I N A U T O N O M E (A U V)

L'AUV a été construit par une firme de Vancouver, International Submarine Engineering Ltd. D'une longueur d'environ sept mètres et animé par des batteries, il peut couvrir 400 km, plonger jusqu'à 5 000 mètres et transporter un système haute définition de bathymétrie multi-faisceaux. À la fin de chaque mission, les batteries peuvent être rechargées, les données téléchargées et l'AUV, envoyé dans une autre mission, le tout sans retirer le véhicule de l'eau.

L'AUV commence sa mission au camp principal, près de la terre ferme, et la termine à un camp hauturier distant (figure 6A). Une mission type dure environ trois jours, pendant lesquels il n'y a aucune communication avec le véhicule. Pendant cette période, le camp au large, situé sur un floe de glace, a souvent dérivé de sa position initiale, parfois jusqu'à 10 ou 20 km. Cela nécessite la mise au point d'un système d'autoguidage afin que l'AUV puisse retrouver son chemin jusqu'à la nouvelle position du camp.

En avril 2010, l'AUV a été lancé d'un camp principal près de l'île Borden (figure 6) où l'on recueillait des données bathymétriques en hélicoptère à l'aide d'un sonar à faisceaux ponctuels. Les deux activités simultanées, les deux chacune avec sa propre équipe, justifiaient un grand camp composé de plus de 17 grandes tentes et réunissant plus de 40 personnes; le camp existant avait une population de 12 personnes. Le mauvais temps et le brouillard des grands chenaux libres de glace au nord de l'île Borden ont considérablement nui aux opérations par hélicoptère. Pendant tout le mois d'avril, il n'y a eu qu'une seule journée où le temps permettait un vol en bonne visibilité.

Par contraste, les opérations de l'AUV ont connu un succès retentissant (figure 6C). Le véhicule a parcouru plus de 1 000 km au cours d'une période continue d'exploitation de 10 jours à des profondeurs de plus de 3 300 mètres sous la glace, se guidant sans difficulté vers un camp de glace qui s'était déplacé d'une distance de 50 km et menant à bien environ 500 km de relevés bathymétriques dans les zones clés. Ces réalisations constituent un record mondial d'exploitation sous la glace dans l'Arctique.

PROGRAMME
DU CANADA
DANS L'OUEST
DE L'ARCTIQUE

Dans l'Ouest de l'Arctique, établir les limites extérieures du plateau continental étendu du Canada implique qu'il faut préciser l'épaisseur de la couche sédimentaire par levés sismiques. Cela suppose l'émission d'une onde sonore et le recours à des techniques perfectionnées pour analyser l'écho lorsqu'il revient du fond océanique et des couches sédimentaires sous-jacentes.

La collecte de données sismiques dans les eaux infestées par les glaces n'est pas facile. Pour la plus grande partie, les données sismiques antérieures dans l'Ouest de l'Arctique ont été obtenues près des côtes, et avec seulement quelques lignes traversant le bassin Canada (figure 2). Les levés doivent se faire en brise-glace, mais le bruit des puissants moteurs du navire interfèrent avec la source sonore du sismographe. De plus, le matériel standard de collecte des données sismiques doit être renforcé pour soutenir l'impact des fragments de glace dans le sillage du brise-glace. Par conséquent, nous avons mis au point un système sismographique modifié que nous avons mis à l'essai au cours de levés à bord du NGCC *Louis S. St-Laurent*.

En septembre 2007, à nouveau à bord du «*Louis*», nous avons recueilli 3000 km de données sismographique de qualité dans la partie sud

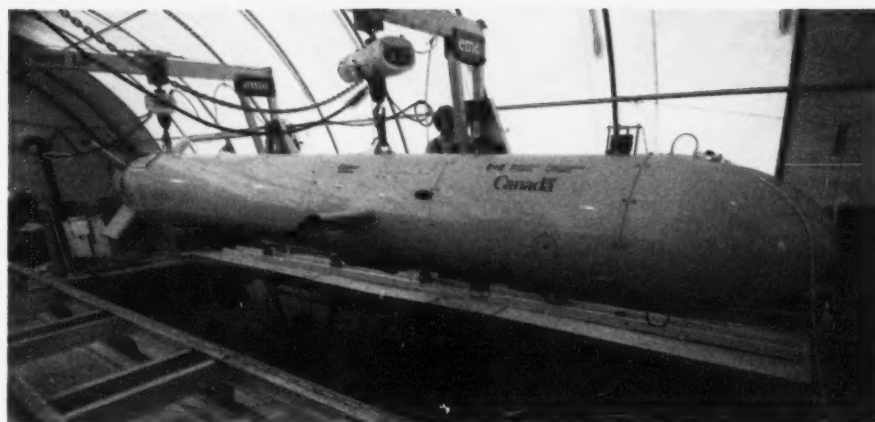


Figure 6C
Image de l'AUV au camp de glace Borden, avant son envoi en mission. Également illustré, le grand trou aménagé en retirant plus de 30 000 kg de glace. Photo : Janice Lang, DRDC.

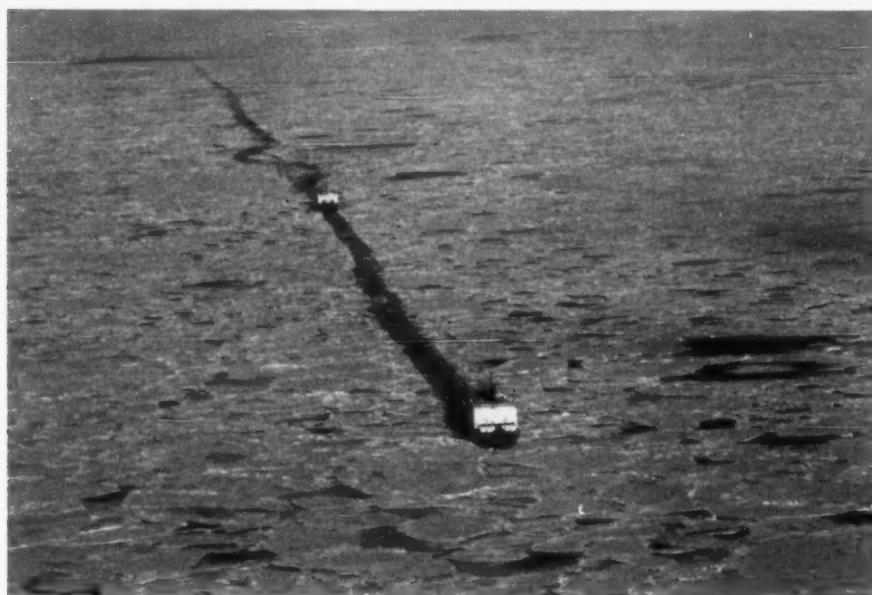
du bassin Canada et plus de 7500 km de données bathymétriques à faisceau unique. L'état des glaces variait mais était plus difficile au nord, où nous comptions mener des travaux l'année suivante. Nous avons constaté qu'il faudrait deux brise-glace pour ces levés.

Nos discussions avec les chercheurs et mandataires américains ont abouti à un accord de travail coopératif. Nous avons amorcé des levés conjoints en 2008, 2009 et 2010 à l'aide du NGCC *Louis S. St-Laurent* et du brise-glace américain USCGC *Healy*; les capacités combinées des

deux brise-glace nous permettant de travailler de façon fructueuse dans des conditions glaciologiques difficiles. Là où les données sismographique étaient importantes, le *Healy* rompait la glace et le «*Louis*» suivait avec son système sismographique; là où il fallait connaître la forme du fond marin, le navire canadien rompait la glace et le brise-glace américain suivait avec son système bathymétrique multifaisceaux haute définition. Puisque le navire suiveur n'avait pas à rompre la glace épaisse, la qualité des données était considérablement meilleure (figure 7). Ces levés ont permis de recueillir plus de 13500 km de données sismographique de qualité et plus de 18000 km de données bathymétriques.

Les quatre levés majeurs dans l'Ouest de l'Arctique ont permis de couvrir la plus grande partie de la zone sur laquelle nous avons besoin d'information (figure 8) et plus que triplé la couverture de données tout en améliorant considérablement notre connaissance de la région. Les interprétations initiales des données ont été présentées lors de conférences scientifiques (Mosher *et al.*, 2010; Shimeld *et al.*, 2010) et les publications sont en préparation. En bref, nous avons constaté que le bassin Canada est généralement couvert par une couche de sédiments de plus de 4 km d'épaisseur avec des amincissements au nord-ouest. Cette constatation permettra probablement au Canada de définir une vaste

Figure 7
Image du NGCC *Louis S. St-Laurent* et de l'USCGC *Healy* (en tête et brisant la glace). Cette configuration permet au brise-glace canadien de recueillir des données sismiques de qualité. Photo : Jon Biggar, CHS.



zone comme étant son plateau continental étendu dans cette région.

CONCLUSIONS

Le volet Arctique du Programme du plateau continental étendu du Canada a été un projet difficile et court encore le risque de subir des retards en raison de la météo et de l'état des glaces. Avec la fermeture de la campagne 2010, nous disposons de la plus grande partie des données dont nous avons besoin dans l'Ouest de l'Arctique, mais il nous en faut davantage de l'Est de l'Arctique. Nous espérons recueillir ces données au cours du quatrième programme de levés conjoints Canada-États-Unis prévu pour août-septembre 2011.

La quantité et la qualité des données ont dépassé nos premiers espoirs. La collaboration efficace et continue entre les États côtiers de l'océan Arctique est un des grands facteurs positifs qui ont permis cela.

En plus d'offrir un appui solide à la demande du Canada à la Commission, la manne de données nouvelles permettra sans doute de mieux connaître l'origine et l'évolution tectonique de l'océan Arctique.

Actuellement, le Canada est dans les délais et se prépare à présenter à la Commission de l'ONU la demande concernant les limites ex-

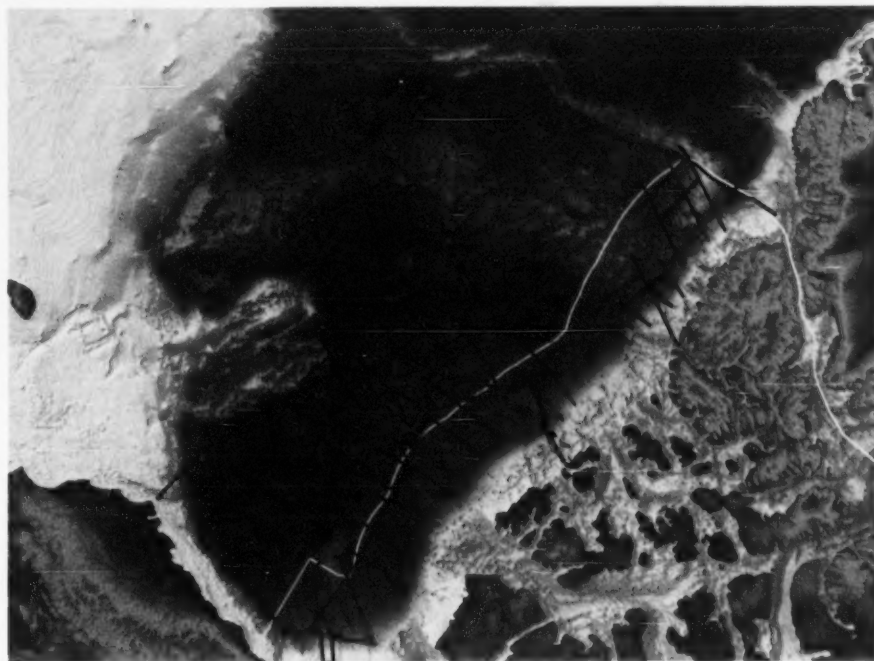
térieures de son plateau continental étendu, et les données justificatives, d'ici l'échéance de décembre 2013.

Remerciements

Ce programme a sollicité de nombreux organismes et beaucoup d'employés dévoués pour recueillir et analyser l'information scientifique. Nous souhaiterions remercier tous ceux qui se sont occupés de la logistique des camps sur la glace (Programme du plateau continental polaire, Environnement Canada, Service canadien des glaces, tous les pilotes et le personnel technique); ceux qui ont participé aux opérations embarquées (Garde côtière canadienne, commandants et équipages du NGCC *Louis S. St-Laurent* et de l'USCGC *Healy*), notre personnel et les entrepreneurs qui sont allés dans les camps de glace et à bord des navires dans des conditions plutôt difficiles afin de recueillir les données. Nous souhaiterions également souligner l'apport de nos partenaires dans le travail scientifique au Canada, aux États-Unis et au Danemark.

Figure 8

Aperçu des données sismiques et bathymétriques clés recueillies de 2007 à 2010. Au total, plus de 13 500 km de données sismiques et plus de 18 000 km de données bathymétriques, triplant le corpus de données dont nous disposons dans l'Arctique.



Jacob Verhoef est directeur, programme UNCLOS, Ressources naturelles Canada; Julian Goodyear est directeur, projet du droit de la mer, Pêches et Océans Canada.

Bibliographie

- Commission des limites du plateau continental (CLPC), 1999. lignes directrices scientifiques et techniques de la Commission sur les limites du plateau continental. CLPC/11, 91 pages plus annexes.
- Funck, T. H.R. Jackson et J. Shimeld, 2010. The crustal structure of the Alpha Ridge, océan Arctique, Abstract T31A-2121, présenté à la réunion de l'automne 2010, AGU, San Francisco, Calif., 13 au 17 décembre.
- Levés géologiques du Canada, 1994. Le Canada et l'article 76 de la Convention sur le droit de la mer, Levés géologiques du Canada, dossier ouvert 3209.
- Jackson, H.R., T. Dahl-Jensen et le groupe de travail LORITA. Sedimentary and crustal structure from the Ellesmere Island and Greenland continental shelves onto the Lomonosov Ridge, Arctic Ocean; *Geophys. J. Int.* 182, 11-35, 2010.
- Jakobsson, M., N.Z. Cherkis, J. Woodward, R. Macnab et B.J. Coakley, 2000. New grid of Arctic bathymetry aids scientists and map-makers, *EOS, Trans. Am. geophys. Un.*, 81, 89, 93, 96.
- Mosher, D.C., J. Shimeld, R. Jackson, D.R. Hutchinson, B. Chapman, D. Chian, J.R. Childs, L.A. Mayer, B.E. Edwards et J. Verhoef, 2010. Sedimentation in the western Arctic, Abstract T31A-2126, présenté à la réunion de l'automne 2010, AGU, San Francisco, Calif., 13 au 17 décembre.
- Shimeld, J.W., D. Chian, H.R. Jackson, D. Hutchinson, D.C. Mosher, J.A. Wade et C.B. Chapman, 2010. Evidence for an important tectonographic seismic marker across Canada Basin and southern Alpha Ridge of the Arctic Ocean, Abstract T31A-2127, présenté à la réunion d'automne de 2010, AGU, San Francisco, Calif., 13 au 17 décembre.

IMPACTS DES TEMPÊTES ET DU CHANGEMENT DE CLIMAT DE L'ARCTIQUE SUR LES PROCESSUS OCÉANOGRAPHIQUES CÔTIERS

Will Perrie, Eyad Atallah, Melanie Cooke, John Gyakum, Azurhal Hoque, Zhenxia Long, Ryan Mulligan, David Small, Steve Solomon, Charles Tang, Bechara Toulany, Fumin Xu et Biao Zhang

Les habitants des zones côtières de l'Arctique, pour lesquels la mer fait partie intégrante de la vie, connaissent bien le pouvoir destructif des tempêtes. Chaque communauté inuite a ses récits de tempêtes – chasseurs qui luttent pour leur vie quand la glace de mer se soulève et se disloque autour d'eux, bateaux et leurs occupants qui se perdent, infrastructure détruite, et côtes altérées. Les tempêtes en mer subissent l'influence de la chaleur, et à cause du réchauffement du climat elles sont maintenant plus fortes dans l'Arctique. Pour pouvoir nous adapter – notamment en vue de la forte probabilité d'exploitation du pétrole et du gaz au large – nous devons savoir comment l'océan réagit face aux tempêtes dans les zones côtières.

Notre groupe étudie les processus océanographiques côtiers – vagues, ondes de tempêtes et courants océaniques, vents marins, érosion des côtes et transport des sédiments – dans la mer de Beaufort Sud et l'Arctique canadien Ouest, une région dont les populations inuvialuites utilisent la mer pour la chasse, la pêche et leurs déplacements et devront sans doute composer avec l'extraction des hydrocarbures au large d'ici à une décennie.

Les changements et la variabilité dans la trajectoire et l'intensité des tempêtes, combinés au réchauffement dû au changement climatique dans la région de Beaufort-Chukchi, peuvent menacer les peuplements sur les côtes ainsi que l'activité humaine dans les milieux marins côtiers. La météorologie et le climat influent sur les processus de la dynamique des océans (vagues,

circulation et ondes de tempêtes), qui entraînent le transport de sédiments et l'érosion des côtes, affectant ainsi les populations des zones côtières, les espèces aquatiques et les opérations de forage au large. Nous nous intéressons aux échelles de temps allant de quelques jours ou moins (durée d'une seule tempête) jusqu'aux périodes saisonnières, interannuelles, décennales ou plus longues.

Comme pour une grande partie des sciences du climat, nous comptons sur des modèles mathématiques soigneusement élaborés pour expliquer comment se comporteront les tempêtes à mesure que changeront les éléments qui les provoquent. Nous construisons ces modèles numériques en utilisant les meilleures données disponibles sur le comportement des tempêtes. Dès qu'un modèle peut refléter avec précision les conditions observées, et inclut les particularités physiques pertinentes, nous pouvons modifier ses composantes – comme la quantité d'eau libre et de glace de mer – pour simuler des tempêtes et indiquer comment elles devraient évoluer et se comporter dans les futurs scénarios sur le climat.

Nous avons terminé nos simulations numériques et nos études des données de base, construit et utilisé des modèles couplés détaillés – modèles qui relient les sous-systèmes du système climatique de la Terre (atmosphère, hydrosphère, cryosphère, etc.), avec des composantes pour la dynamique de l'atmosphère, la neige, les vagues, la circulation des océans et un modèle de glace de mer multicatégories. Nous avons constitué une base de données sur les tempêtes survenues au fil du temps, de la réanalyse du climat, des récentes observations, et mis au point des modèles d'analyses informatisés et les logiciels connexes. Nos modèles ont été testés en ce qui a trait aux échelles de temps allant des tempêtes particulières dans l'Arctique jusqu'au climat régional sur une échelle décadaire. Ils ont été améliorés grâce aux précisions obtenues par des

expériences menées sur le terrain et l'observation des tempêtes, et avec des ensembles de données de réanalyse du climat. Les vérifications de base de ces modèles utilisent des comparaisons avec les ensembles de données internationales sur l'Arctique, les données de réanalyse du climat et celles des récents travaux effectués sur le terrain.

Dans nos simulations des tempêtes, nous avons réalisé et testé des modèles à haute résolution des vagues, de la glace, des courants, du transport des sédiments et des processus côtiers pertinents pour les zones côtières de la mer de Beaufort Sud. Nous nous intéressons en particulier aux tempêtes qui se déchaînent le long du delta du Mackenzie, près de Tuktoyaktuk, et qui affectent les populations de cette région. Nous avons évalué les avantages des études couplées à haute résolution sur la glace, les océans et les vagues et détaillé les interactions air-mer, à l'aide de modèles de vagues pour simuler les conditions propres à la région sublittorale du delta du Mackenzie.

Sur de plus courtes échelles de temps, il faudrait pousser plus à fond le travail sur les mécanismes qui déterminent comment les vagues se brisent, se dissipent et, dans les régions sublittorales, érodent le fond et influent sur le transport des sédiments, pour améliorer nos modèles, et donc notre compréhension des impacts des tempêtes et du changement de climat. Sur de plus longues échelles de temps, nous pouvons simuler les variations décennales dans la glace, y compris la rapide diminution de la glace des dernières années (figure 1) et les variables des longues échelles de temps telles que le minimum de salinité dans la mer de Beaufort, la couche d'eau chaude de l'Atlantique dans l'océan Arctique et la teneur maximum en eau douce dans la mer de Beaufort, ainsi que ses variations enregistrées d'une année à l'autre depuis plusieurs décennies.

Nous avons déterminé les principaux

Zhenxia Long, Charles Tang, Bechara Toulany, Fumin Xu et Biao Zhang sont à l'Institut océanographique de Bedford de Pêches et Océans Canada, Dartmouth, Nouvelle-Écosse. Eyad Atallah, Melanie Cooke, John Gyakum et David Small sont au Département des Sciences Atmosphériques et Océaniques, Université McGill, Montréal, Québec. Azurhal Hoque est au Water Control System Management Branch, Manitoba Water Stewardship, Winnipeg, Manitoba. Ryan Mulligan est à l'Université East Carolina, Greenville, Caroline du Nord, E.U. Steve Solomon est à l'Institut océanographique de Bedford.

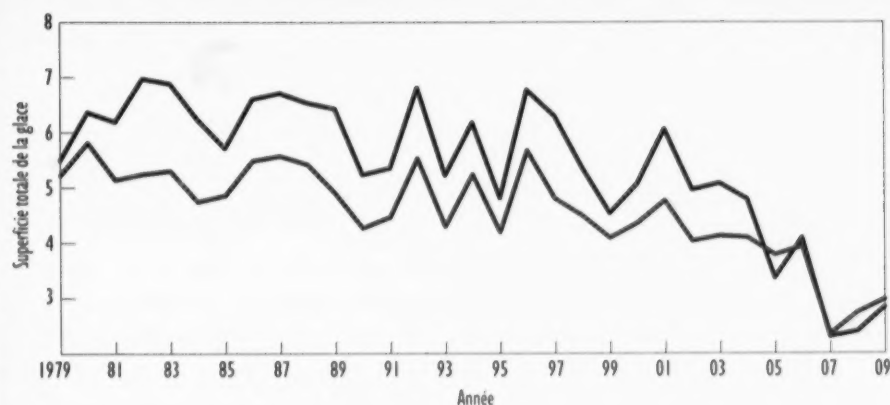
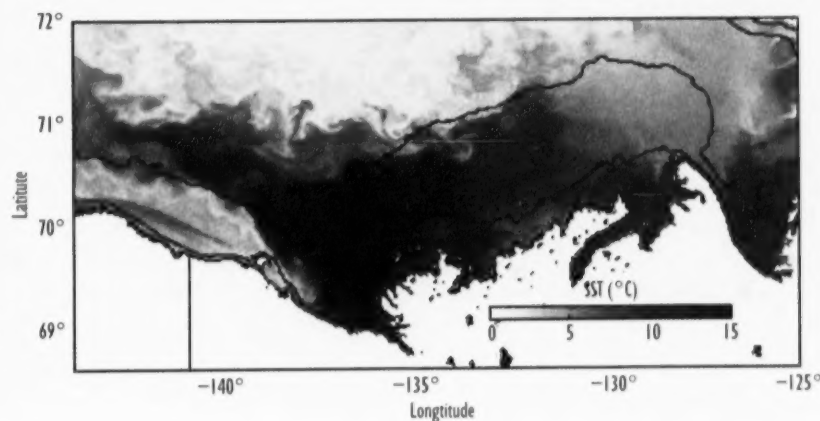


Figure 1
Superficie totale de la glace simulée en septembre d'un modèle glace-océans (brun) et données du Hadley Centre (vert). Les unités sont en 10^6 km^2 (axe y).

mouvements atmosphériques associés aux vents forts qui soufflent le long de la côte de la mer de Beaufort. Nous avons aussi abondamment documenté la climatologie des vents durant la saison chaude, à la station côtière, à Tuktoyaktuk. Les processus météorologiques qui contribuent aux considérables ondes de tempêtes sont à l'étude. Nous faisons des études minutieuses sur les interactions entre la zone du delta du Mackenzie et la mer de Beaufort durant les tempêtes, notamment les ondes de tempêtes et les inondations des côtes. La répartition des températures de surface de la mer (TSM), en août 2007, observée par satellite MODIS (spectroradiomètre imageant à résolution modérée) est présentée à la figure 2. Elle montre les interactions entre l'eau chaude des fleuves, les eaux côtières, et plus loin au large, la vaste étendue d'eau qui circule lentement appelée tourbillon de Beaufort. Ces caractéristiques sont aussi affectées par le vent. Nous utilisons des données de projets complémentaires dont les spécialistes ont mesuré la température et la salinité à environ 25

Figure 2
Les températures de la mer en surface (SST) indiquées par des observations satellitaires MODIS le 25 août 2007, montrent l'étendue du panache du fleuve Mackenzie, dans la mer de Beaufort. Les vents d'est amènent une remontée d'eau froide, un mixage plus prononcé et un panache plus froid (panneau du haut); les vents légers avec mixage minimal et entraînement de l'eau du plateau au-dessous permettent au panache plus chaud de se répandre comme une mince couche de surface (panneau du bas). Les côtes et les contours bathymétriques de 20 m et 200 m sont indiqués. Les instabilités sont visibles près de la rupture du plateau (contour de 200 m) à l'endroit où le flux vers l'est dominé par l'effet de Coriolis sur le plateau rencontre le tourbillon de Beaufort coulant vers l'ouest, dans le bassin Canada.



km au nord des côtes du delta et plus loin, ainsi que des modèles informatiques à haute résolution pour simuler la répartition de la salinité semblable aux variations de température montrées dans la figure 2. Une réanalyse récente portant sur 40 ans (1970–2008) pour le vent et les vagues de la mer de Beaufort faite par Environnement Canada (EC) apporte une importante contribution à ce projet.

Nous devons faire d'autres études pour éclaircir la question du rôle des eaux libres accrues durant l'été. En été, les tempêtes sont plus fréquentes dans le bassin Canada que dans toute autre zone côtière de l'océan Arctique. Il y a eu environ 14 tempêtes par saison de tempêtes (juin–novembre). C'est en octobre que leur fréquence est la plus élevée et en juillet qu'elle l'est le moins. Les systèmes de cyclones balayent souvent cette région depuis la côte de la Sibérie pour ensuite se désamorcer dans la mer de Beaufort. Les intenses tempêtes jouent un rôle important dans les variations des bilans de chaleur et de sel dans le Haut-Arctique. Au printemps et en hiver, quand les stratifications thermiques (thermocline) et de salinité (halocline) dans la mer de Beaufort sont moins distinctes, la turbulence causée par les intenses tempêtes entraîne un mélange des eaux en profondeur qui peut pénétrer dans l'halocline et la thermocline arctiques. Quand les tempêtes brisent de grandes masses de glace flottante et exposent de plus grandes étendues d'eau libre, l'échange de chaleur entre l'air et l'eau augmente.

Exemple : une intense tempête s'est produite dans la mer de Beaufort à la fin de l'été 2008 (figure 3), à une période où il y avait une grande étendue d'eau libre. Les eaux libres ont influé sur l'évolution de la tempête et les vents à la surface qu'elles ont causés, car les eaux libres modifient les interactions et les transferts d'énergie entre l'air et la mer. D'un autre côté, la tempête a provoqué des courants de surface et modifié les températures de l'océan en surface. Mais à cause de l'albédo élevé de la glace de mer – sa forte capacité de refléter l'énergie solaire du fait de sa couleur blanche, comparativement aux eaux foncées qui absorbent l'énergie solaire – les températures de l'eau en surface étaient beaucoup plus chaudes

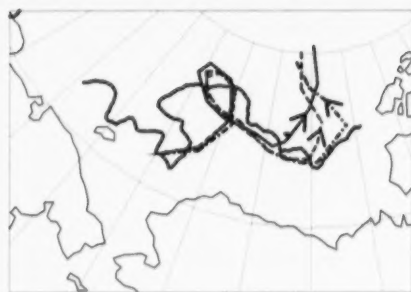
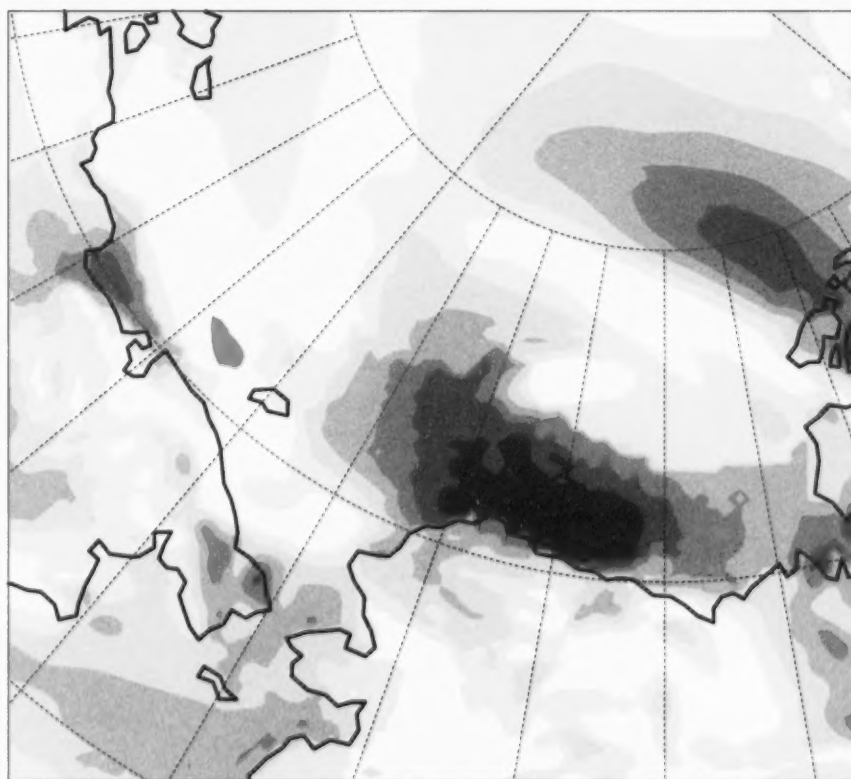
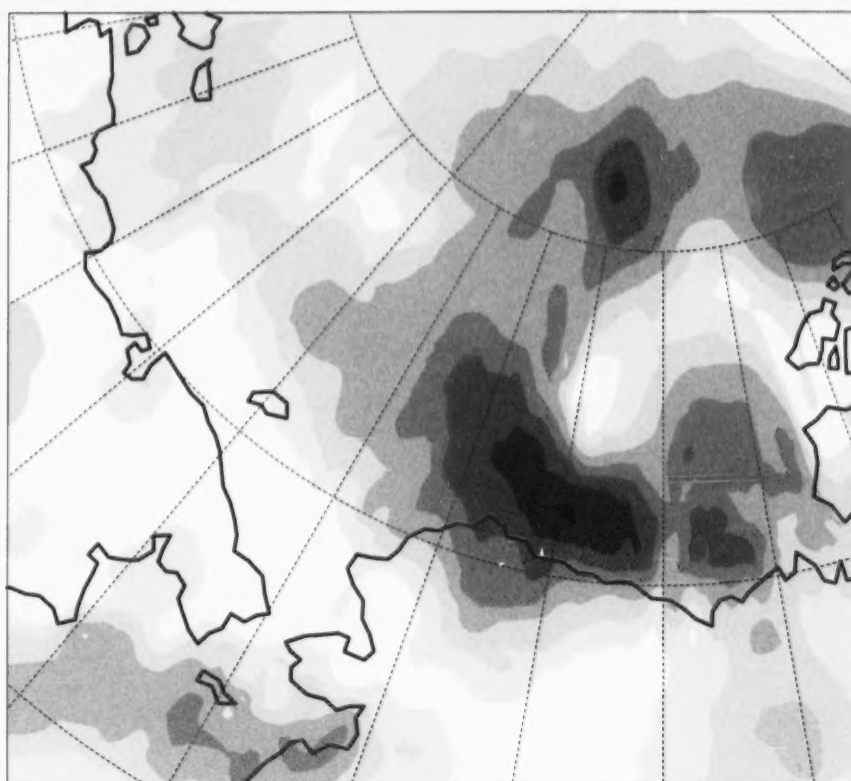


Figure 3 (en haut)

Comparaisons des trajectoires de tempêtes et suivant une tempête, qui montrent un modèle couplé, (ligne brune pointillée) un modèle non couplé (ligne verte pointillée), des analyses de la pression au niveau de la mer du Centre météorologique canadien (ligne brune solide). La ligne verte solide représente le bord de la glace estimée par le National Snow and Ice Data Center. Les flèches indiquent la direction du mouvement de la tempête.

Figure 4 (à droite)

Vitesse du vent à 12 h le 31 juillet pour a) QSCAT-NCEP (données de satellite et de stations météorologiques) b) modèle couplé. Les unités sont des m/s.



qu'elles l'auraient été dans un océan complètement recouvert de glace. L'air chaud ascendant, poussé vers le bas par les courants d'air turbulent de la tempête, a apporté une énergie supplémentaire à la tempête. Comparativement aux scénarios où la couverture de glace aurait été plus grande, les eaux libres ont engendré une tempête plus intense et augmenté la vitesse des vents d'environ 3-4 mètres par seconde.

Les plus forts vents de surface le long de la côte de Beaufort Sud soufflent à partir du nord-ouest ou du sud-est, en automne et en hiver. À l'avenir, nous comptons analyser le cycle de vie des régimes de circulation atmosphérique à l'échelle planétaire qui sont affectés par ces vents forts, ainsi que les tendances observées durant les 60 dernières années. À ce jour, nous avons constaté que les tempêtes qui provoquent des ondes majeures le long de la côte de Beaufort sont associées à une série d'événements de forçage de la haute atmosphère couvrant l'hémisphère le long des 70°N. Les études en cours visent entre autres à déterminer si ces tempêtes représentent un régime de flux unique, mais non pas climatolo-

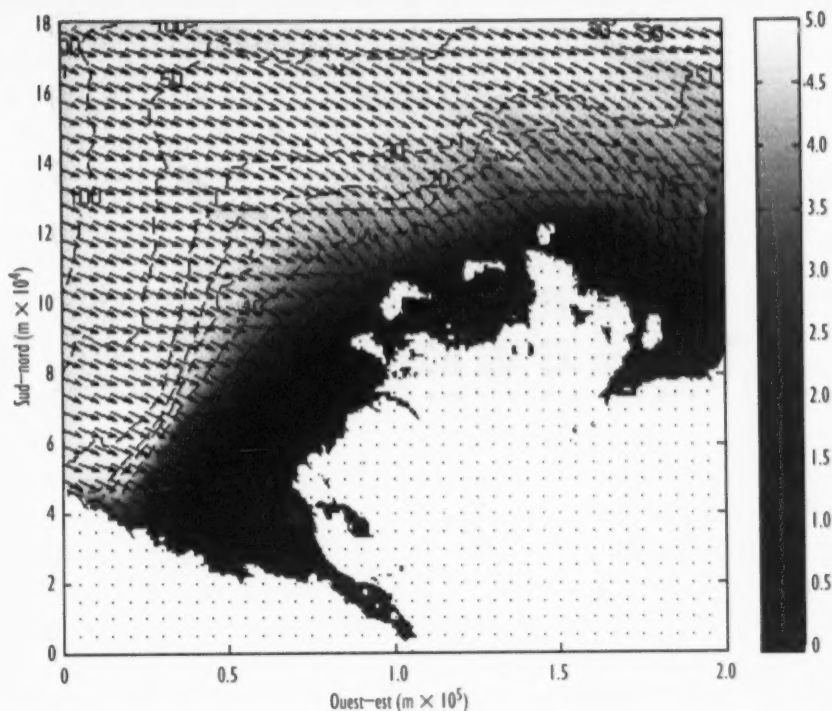


Figure 5
Hauteurs significatives des vagues (m) à 05 h (temps universel coordonné) le 8 octobre 2008, au plus fort de la tempête; les vents ont soufflé du nord-ouest pendant plus de 50 heures à 50 km/heure, les vagues causent des dommages le long de la côte sud de la mer de Beaufort.

Figure 6

La photo montre, à la base de la falaise, un exemple de changement morphodynamique dans une coche de thermo-érosion constituée de sable fin gelé et de limon avec des pierres et des roches éparpillées : a) développement de la niche, et b) rupture ultérieure du bloc de la même falaise.



giquement prévalent, ou si elles marquent des transitions dans les régimes de flux comme l'oscillation nord-atlantique ou la téléconnexion Pacifique-Amérique du Nord. Nous avons constaté que de tels événements sont plus fréquents à la fin de l'été et au début de l'automne, lorsque l'air froid piégé au nord de la chaîne de Brooks engendre les vents forts du nord-ouest favorisant les ondes de tempêtes. Nous documentons d'autres phénomènes météorologiques de diverses tailles et durées et dont le degré de prévisibilité varie, phénomènes qui pourraient jouer un rôle significatif relativement aux vents du nord-ouest responsables de ces événements extrêmes.

Dans le cadre d'études préliminaires, les spécialistes ont examiné l'érosion des côtes, le transport des sédiments et les changements morphodynamiques – notamment ceux du plancher océanique – dans les zones sublittorales, le long des côtes de Beaufort. Quand il y a une tempête,

les niveaux d'eau s'élèvent, et les vagues viennent frapper la falaise gelée dont elles enlèvent graduellement des morceaux au moyen d'un processus de fonte et hydrodynamique (érosion thermique et mécanique). Les ondes de tempêtes, des élévations et baisses à la fois soudaines et anormales du niveau de la mer, sont surtout visibles dans les eaux peu profondes et le long de la côte; elles sont provoquées par les forts vents associés aux tempêtes touchant la terre. Tuktoyaktuk, sur la côte du delta du Mackenzie, est un endroit particulièrement vulnérable aux dommages attribués aux ondes de tempêtes, causées par les tempêtes qui proviennent de la mer de Beaufort.

Au plus fort d'une tempête, en octobre 2008, des vagues dominantes venues du nord-ouest ont exercé leurs plus fortes répercussions sur la côte fragile du delta du MacKenzie (figure 5). La face nord de l'île de Tuktoyaktuk est à l'entrée du port de Tuktoyaktuk; elle assure une protection naturelle contre les vagues. Des niches se forment à la longue; elles peuvent faire des creux de 10 m dans la falaise et atteindre jusqu'à 2 m de hauteur (figure 6). Quand la niche est assez enfoncée dans la base de la falaise, la corniche formée en surplomb s'effondre à cause de la rupture du bloc. Les falaises gelées sont aussi découpées à partir du haut par des terrains réticulés, des polygones de toundra créés par les coins de glace enfouis. Des jours, des semaines ou des mois après la formation des niches, les blocs se brisent, habituellement le long des lignes de moindre résistance définies par les coins de glace. Ces dernières années, la face nord de l'île de Tuktoyaktuk s'est érodée à un rythme moyen d'environ 2 m par année (jusqu'à 7 m en un seul événement pluvio-hydrologique). À ce rythme, l'île sera à peu près réduite à un écueil sur une grande partie de sa longueur d'ici à 2050, ce qui permettra aux grosses vagues d'entrer dans le port. Tuktoyaktuk est le seul port aménagé sur une zone mesurant des centaines de kilomètres.

Le projet se terminera le 31 mars 2011. Nous aurons alors terminé nos études plus poussées et les tests sur nos modèles. Les simulations et notre compréhension seront améliorées grâce à l'utilisation des données obtenues sur le terrain

durant l'API. Les essais en cours porteront sur certaines tempêtes ainsi que sur des échelles de temps saisonnières, interannuelles et décennales. Le projet tentera d'établir des liens entre le changement de climat, la couverture de glace changeante, les processus océanographiques des zones côtières, l'érosion des côtes et le transport des sédiments.

Nous espérons que Tuktoyaktuk et d'autres localités de la zone côtière de l'Arctique bénéficieront de la meilleure compréhension des tempêtes qui résultera de nos recherches, et que cela les aidera à s'adapter aux particularités et à l'intensité changeantes des tempêtes le long de la côte arctique.

La Division des sciences océanologiques du MPO prend part également à trois projets de réseau approuvés dans le cadre de l'API: 1) IAOS, integrated Arctic Ocean Observing System; 2) THORPEX, prévisions météorologiques et simulations du climat numériques améliorées par l'exploitation de données in situ, de télédétection aéroportée et de satellites, de systèmes de modélisation perfectionnés et par la recherche de base sur les processus polaires et les interactions polaires-planétaires; et 3) ACCO-net, le réseau d'observatoires côtiers circumpolaires de l'Arctique. Un important soutien est également accordé par les projets de l'API réalisés sur le terrain et d'autres programmes, notamment le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques, qui recueillent des données sur le vent, les vagues, les courants et les variables connexes de la couche limite des océans pour les zones côtières. Nous voulons souligner le rôle qu'a joué le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques (GIREE) pour appuyer les expériences sur le terrain qui sont cruciales à la compréhension des processus des zones côtières de Beaufort.

Le principal auteur, Will Perrie, est chercheur scientifique à l'Institut océanographique de Bedford de Pêches et Océans Canada, Dartmouth, Nouvelle-Écosse.

LE MODELAGE DE L'ÉCOSYSTÈME NORDIQUE DE DEMAIN : INSECTES, ARAIGNÉES ET ANIMAUX APPARENTÉS DE L'ARCTIQUE DANS UN CLIMAT CHANGEANT

Louise Leborgne, Crystal Ernst et Christopher M. Buddle

Le changement de climat modifie le paysage de l'Arctique et l'écosystème de la toundra. Nous entendons souvent parler des effets sur les animaux comme l'ours polaire et d'autres bêtes plus grosses, mais en réalité le changement de climat affecte aussi d'autres créatures. Insectes, araignées et animaux apparentés – les arthropodes – jouent dans l'Arctique un rôle important puisqu'ils servent de nourriture aux oiseaux, pollinisent les fleurs et recyclent les matières organiques. Notre climat changeant a d'importantes répercussions sur le cycle biologique, la répartition ainsi que la diversité des arthropodes arctiques indigènes et de ceux qui ont été introduits dans le milieu. Et ces changements viennent modeler l'écosystème arctique. Quels sont ces effets et leurs conséquences? Dans cet article, nous apporterons quelques réponses à ces questions en présentant les principaux enjeux et en signalant certaines lacunes dans la connaissance ainsi que les besoins pour les études à l'avenir.

LE CHANGEMENT DE CLIMAT DANS L'ARCTIQUE

Dans l'Arctique, la température annuelle moyenne augmente à un rythme équivalant à deux ou trois fois celle de la moyenne observée pour la planète au cours des 150 dernières années. Le dégel printanier se produit plus tôt, et les hivers ne sont pas aussi froids que dans le passé. On note aussi des changements dans la couverture de glace et de neige; les chutes de neige anormalement abondantes et les pluies verglaçantes sont plus fréquentes. Nous pouvons fort bien mesurer ces changements, mais à cause des interactions complexes entre les processus climatiques, hydrogéologiques et écologiques il est difficile de prédire leurs répercussions sur l'environnement.

Sachant que les espèces fauniques de l'Arctique ont survécu aux changements climatiques au fil du temps géologique, nous supposons qu'elles jouissent d'une relative adaptabilité. Cependant, nous ne savons pas si elles peuvent s'adapter à l'actuel rythme de changement, sensiblement plus élevé – auquel s'ajoutent des facteurs comme la pollution, l'extraction des ressources et les différentes utilisations des terres.

LES ARTHROPODES ARCTIQUES : ADAPTÉS AU FROID

Les arthropodes constituent le groupe d'organismes le plus diversifié de l'Arctique, soit plus de 2000 espèces connues vivant au-delà de la limite des arbres.

Tous les arthropodes sont ectothermiques : ils ne peuvent produire leur propre chaleur. Dans l'Arctique, ils ont acquis une gamme remarquable de moyens d'adaptation physiologique et comportementale, pour pouvoir supporter le rigoureux climat. Bon nombre d'arthropodes se chauffent au soleil pour élever leur température; leur couleur foncée (mélanisme) améliore leur absorption de la chaleur solaire et aide à les protéger contre les rayons UV-B. En outre, les arthropodes règlent leur activité de manière à profiter des périodes les plus chaudes de la journée.

Souvent, ils choisissent des microhabitats favorables pour compenser les conditions ambiantes extrêmes – zones humides faisant contre-poids à la sécheresse des étés arctiques, ou sites dont l'épaisse couche de neige isolante les empêche de geler en hiver. Ils ont acquis plusieurs moyens physiologiques de supporter le gel : certains arthropodes peuvent produire et conserver un «antigel» – lactate, glycols et autres substances chimiques qui empêchent la formation de glace

dans leur corps et l'altération de leurs cellules. D'autres moyens permettent la formation de cristaux de glace qui demeurent toutefois confinés à des parties extérieures aux parois cellulaires.

Les modèles de croissance et de développement des arthropodes arctiques reflètent leur adaptation au froid. Bon nombre ont besoin de températures continuellement faibles pour pouvoir franchir les étapes de leur cycle de vie. Durant les mois les plus froids, ils doivent demeurer au repos, c'est-à-dire entrer en diapause, une période où leur développement ralentit ou s'arrête. Donc la plupart des arthropodes du Nord se développent lentement; ils mettent plusieurs années à compléter leur cycle biologique. Bon nombre d'invertébrés répertoriés dans le monde ont un cycle biologique flexible et peuvent s'adapter aux changements environnementaux ou climatiques. Mais le cycle biologique des arthropodes arctiques suit habituellement une structure et une chronologie plus rigides, peut-être pour que les événements cruciaux (comme l'arrivée au stade adulte) se produisent durant les courtes périodes favorables, quand les ressources sont le plus abondantes. L'augmentation de l'intensité et la prolongation de ces périodes plutôt limitées pourraient donner une chance de survie aux arthropodes.

COMMENT LE CHANGEMENT DE CLIMAT AFFECTE-T-IL LES ARTHROPODES DANS LE NORD ?

Répartition

Le changement de climat a un effet direct sur les sols, la végétation, l'eau et les autres caractéristiques de l'habitat des arthropodes. Au fur et à mesure de l'élévation des températures, les endroits auparavant inaccessibles ou inhospitaliers peuvent devenir des habitats viables; des régions situées à la limite sud des écosystèmes de l'Extrême-Arctique, par exemple, présentent maintenant des caractéristiques d'un milieu subarctique. Ces habitats modifiés peuvent accueillir des espèces dont l'aire s'étend plus au sud. On sait, par exemple, que la structure des communautés d'araignées du Yukon est influencée par la lati-

tude, et à l'aide de ce type de renseignements, nous pouvons prédire la façon dont ces communautés se réassembleront lorsque des zones situées plus au nord commenceront à ressembler à celles des plus basses latitudes (Bowden et Buddle, 2010). Une étude menée par Parmesan et Yohe (2003), a permis d'observer un déplacement moyen en direction nord de 6,1 km à l'échelle mondiale pour une variété de végétaux, d'animaux et de microorganismes. Ce changement correspondait à une avance des événements printaniers de 2,3 jours par décennie. Quand des espèces se déplacent vers le nord, elles concurrencent les arthropodes qui y sont déjà ou viennent combler une niche inoccupée. D'autres espèces dont le cycle biologique dépend des températures froides sont probablement davantage confrontées au risque de contraction de leur aire ou, dans des cas extrêmes, de disparition ou même d'extinction. Quoiqu'il en soit, les changements propres aux communautés d'arthropodes affecteront directement les communautés avoisinantes.

Les répercussions du changement de climat sur la stabilité de l'habitat, à court terme, peuvent influencer la répartition des arthropodes. Exemple: certains chercheurs ont prédit de plus fréquentes perturbations du milieu (réchauffements, sécheresses inondations, gels, etc.) qui auraient pour effet de modifier l'épaisseur de la surface de glace. Des expériences réalisées sur des bancs de glace ont montré qu'une couverture de glace plus épaisse, qui dure plus

longtemps, peut entraîner une diminution considérable de certains microarthropodes.

Reproduction et développement

Dans l'Arctique, les températures plus chaudes et l'arrivée précoce du printemps affecteront vraisemblablement la reproduction et le développement de certains arthropodes. Une étude en laboratoire effectuée par Birkmoe et Leinaas (2000) a montré que le rythme de développement d'un collemboule arctique appelé *hypogastrura tullbergi* augmente avec la température. Ces collemboules, qui pullulent dans l'île Devon, au Nunavut, sont devenus plus gros (ce qui peut influencer sur leur fécondité) et ont atteint leur maturité sexuelle plus rapidement à des températures élevées. Ces changements peuvent stimuler l'accroissement des populations. De même, les aphidés appelés *acyrthosiphon svalbardicum* se sont reproduits plus rapidement dans des climats plus chauds: leurs populations ont augmenté en quelques jours lorsqu'on les a exposés à des températures plus élevées, et ils ont produit une génération supplémentaire par année, en plus des deux habituelles (Hodkinson *et al.*, 1998). Dans le nord-est du Groenland, Høye *et al.* (2009) ont constaté que l'arrivée plus tôt du printemps influe sur la taille et le rythme de croissance des araignées. Les plus grosses femelles peuvent pondre de plus grandes masses d'œufs ou des œufs

Araignée-loup, *alopecosa hirtipes*, dans la toundra de l'île Bylot, Nunavut. Photo: Christopher M. Buddle.



plus gros. L'arrivée plus tôt du printemps accroît aussi la capacité de reproduction des mâles, en augmentant la fréquence de leurs mues durant une saison, ce qui leur donne plus de temps pour chercher des femelles.

INTERACTIONS AVEC LES AUTRES ESPÈCES

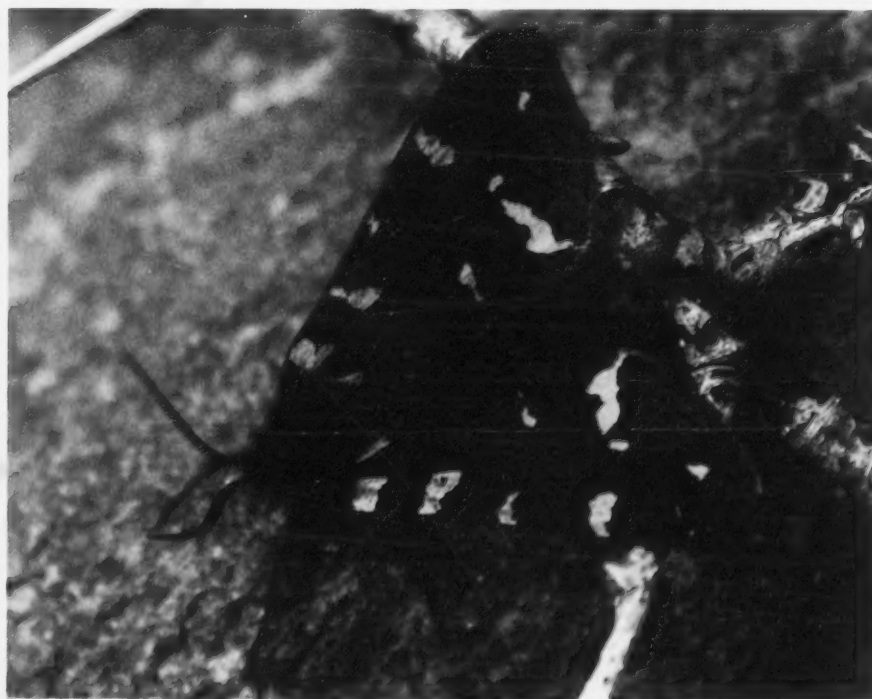
Les espèces d'arthropodes réagissent différemment aux changements dans leur habitat. Leurs réactions influent sur celles d'autres organismes et vice versa. La connaissance de la biologie des espèces particulières et de leurs interactions avec leur communauté est essentielle si l'on veut évaluer et prédire les effets du changement de climat. Les arthropodes fournissent de nombreux services écologiques cruciaux dans le Nord en tant que décomposeurs, pollinisateurs, herbivores, prédateurs et parasites. Et ils représentent une importante source de nourriture pour bon nombre d'autres organismes, notamment les petits mammifères et les oiseaux migrateurs. Les changements dans leur communauté peuvent avoir d'énormes répercussions sur les espèces qui dépendent d'elle, et sur les services qu'elle fournit à l'écosystème.

Décomposeurs du sol

Les arthropodes du sol jouent un rôle majeur dans la décomposition et le cycle du carbone, deux processus essentiels à la croissance des végétaux. L'accélération de la décomposition de la couche de feuilles mortes et du mélange des sols par les arthropodes apporte plus rapidement la quantité d'éléments nutritifs des végétaux dans le sol. Mais si la décomposition accrue libère le carbone à un rythme plus rapide que celui auquel il peut être absorbé par les plantes qui poussent, elle peut contribuer au rythme de changement climatique. En outre, la décomposition plus rapide peut rétrécir la couche de feuilles mortes qui protège les arthropodes et les racines des plantes contre le froid sibérien de l'Arctique, en hiver.

Dans le Svalbard, Coulson *et al.* (2000) ont noté que des communautés de microarthropodes du sol se nourrissent de cyanobactéries, qui transportent l'azote atmosphérique vers le sol et le préparent ainsi pour la succession des communautés végétales. Ces sols sont habituellement très épars et bon nombre d'arthropodes du sol sont limités aux endroits où la couche de glace de surface est mince. Si les populations de microarthropodes

Papillon de l'Arctique, photographié dans l'île Bylot, Nunavut. Photo : Christopher M. Buddle.



brouteurs pullulent suite au réchauffement des températures, à certains endroits elles peuvent vider le sol de ses éléments nutritifs importants, comme l'azote, ce qui le rend moins fertile que d'autres pour la succession des communautés végétales. Comme le changement de climat influe simultanément sur les microarthropodes, les cyanobactéries, les nutriments et les végétaux, le paysage arctique pourrait garder cette configuration de zones éparpillées pendant longtemps après la composition des changements dans l'écosystème. Le résultat pourrait être un nouveau paysage.

Pollinisateurs de végétaux

Les végétaux dont les pollinisateurs dépendent pour s'alimenter et, dans certains cas se réchauffer, sont eux aussi affectés par le changement climatique. Si les pollinisateurs ne peuvent plus atteindre ces végétaux à cause des changements dans leurs aires, le risque d'extinction de l'espèce s'en trouve accru. Il y a aussi le risque que l'occasion d'interaction entre végétaux et pollinisateurs soit ratée si, à cause des changements de température, la floraison a lieu avant que les pollinisateurs apparaissent ou atteignent leur maturité. Ceux-ci peuvent être confrontés à des pénuries de nourriture, et les plantes demeurer non fertilisées, ce qui entraînerait l'extinction des deux éléments. La dynamique des écosystèmes peut changer au fur et à mesure de la rupture des liens entre les espèces et de la formation de nouveaux liens.

Les pollinisateurs exercent un effet indirect sur d'autres espèces clés dans l'Arctique. Il faut savoir, par exemple, que les lemmings – principale nourriture des renards arctiques, belettes, harfangs des neiges, labbes et autres – se nourrissent exclusivement de végétaux, dont certains dépendent de la pollinisation par les insectes.

Végétaux-herbivores

Les températures plus élevées et la plus grande fertilité des sols peuvent accroître la productivité des végétaux, mais à cause de la croissance accélérée et de la production de plus grosses plantes, celles-ci peuvent contenir moins de substances nutritives. Leur concentration en eau, azote, substances allélochimiques – pouvant repousser les arthro-

podes – et en fibres est plus élevée. Cela risque de nuire à l'activité des arthropodes herbivores.

Les aires géographiques des arthropodes herbivores spécifiques d'hôtes (spécialistes) sont restreintes aux zones où poussent les plantes dont ils se nourrissent. La réaction de ces plantes au changement climatique dépend beaucoup de celle de leurs hôtes : leurs aires se rétrécissent ou s'élargissent en fonction de celles de leurs ressources essentielles.

Prédateurs-proies :

indices des régions subantarctiques

Les arthropodes sont une importante source de nourriture pour les oiseaux qui, en été, migrent vers l'Arctique pour s'y reproduire. Comme le changement climatique modifie la phénologie (chronologie des stades de la vie) des arthropodes, les oiseaux migrateurs n'ont aucun moyen de prédire les nouvelles périodes de pointe pour la disponibilité des proies. La maturation ou l'émergence précoce des arthropodes pourrait être favorable aux oiseaux qui migrent plus tôt durant la saison. Ceux qui arrivent plus tard pourraient constater que la nourriture dont ils dépendent est moins abondante, voire inexistante, durant la période cruciale où ils élèvent leurs petits. Même les oiseaux qui arrivent tôt risquent de souffrir s'ils dépendent de proies affectées par le climat aux endroits où ils font une halte quant ils se dirigent vers leur destination arctique.

Nombre de petits mammifères, notamment les rongeurs, dépendent eux aussi des arthropodes. Il existe peu de textes concernant les effets du changement climatique sur la relation arthropodes-mammifères dans l'Arctique, mais on peut tout de même trouver des indices dans les régions subantarctiques où le changement pousse la souris commune à étendre son aire. En fait, Callaghan *et al.* (1992) ont constaté que celle-ci « empêche » la décomposition d'au moins 1000 kg de litière végétale par hectare parce qu'elle mange les invertébrés du sol qui accomplissent habituellement cette tâche. Les animaux qui font des arthropodes leurs proies pourraient donc compenser les effets de l'augmentation des populations d'arthropodes du sol (fertilité, éléments nutritifs du sol et libération de carbone accrus). Si un

mammifère insectivore étendait son aire vers le nord, cela pourrait amener des répercussions semblables sur l'écosystème arctique.

Les arthropodes prédateurs, comme les guêpes et coléoptères, ont un effet neutre ou stabilisateur sur la dynamique des populations d'arthropodes dont ils font leurs proies. Cependant, les températures plus élevées peuvent relever la capacité de chasser d'un prédateur. Dans le Svalbard, un staphylinidé (*atheta graminicola*) chasse seulement sur les falaises chaudes exposées au sud, malgré la disponibilité de proies sur d'autres falaises. À mesure que le climat se réchauffe, le coléoptère peut acquérir la capacité de coloniser les falaises exposées au nord et ainsi atteindre une plus grande partie de ses proies. Ces changements dans la dynamique prédateur-proie pourraient entraîner un déséquilibre des populations, sauf si la proie est elle aussi capable de s'adapter.

Parasites

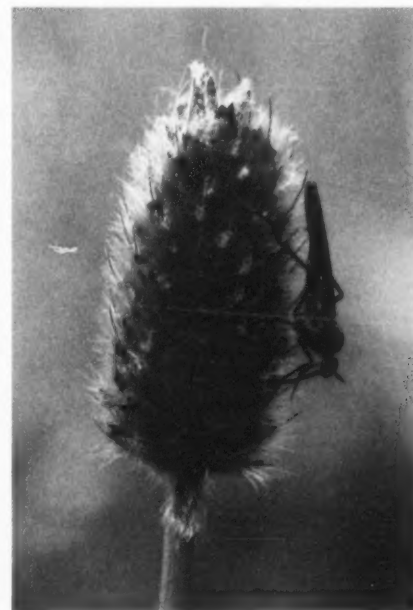
Les étés plus chauds pourraient accroître le harcèlement des insectes et le parasitisme pour les caribous. Exemple : Hughes *et al.* (2009) ont noté l'augmentation du nombre d'hypodermes, un parasite des caribous, au Nunavut. Ils ont constaté que l'épaisseur de la couche de graisse du dos des caribous et la probabilité de grossesse diminuent quand les hypodermes sont moins nombreux. Si leur couche de graisse est insuffisante, les caribous risquent de ne pas pouvoir se reproduire à l'automne ou de mourir de faim en hiver. Par ailleurs, l'augmentation du parasitisme pourrait être l'un des facteurs à l'origine des déplacements en direction nord qui ont été notés dernièrement dans les aires des caribous – qui peut-être se dirigent vers le nord pour échapper aux insectes nuisibles.

BESOINS EN RECHERCHE

Jusqu'à la fin des années 1990, la plupart des rapports sur l'étude des arthropodes de l'Arctique étaient descriptifs et s'attachaient surtout à l'identification et à la répartition des espèces. Toutefois, dans ces rapports qui constituent un important bloc de connaissances, rien ne permet

de savoir comment les arthropodes de l'Arctique pourraient réagir face au changement climatique. Même si on a souvent fait valoir la nécessité de combler nos lacunes concernant la biologie, le cycle d'évolution et l'influence des arthropodes arctiques sur l'écologie, les travaux dans ce sens ont à peine commencé. Comme le coût élevé de la recherche sur le terrain dans l'Arctique et les défis logistiques qu'elle présente limitent l'activité, il importe que les chercheurs se concentrent sur les points et les organismes cruciaux – qui apporteront les données les plus précieuses au moment opportun.

Il faut étendre les études sur la biologie et le cycle d'évolution des arthropodes arctiques. Un très petit nombre des centaines d'espèces arctiques a été étudié en détail. Pour pouvoir faire des prévisions justes sur les effets du changement de climat sur les arthropodes, nous devons disposer d'études de base sur la compréhension de l'histoire naturelle des espèces et des communautés. Même si les arthropodes sont particulièrement adaptables, nous ne savons pas s'ils seront capables de réagir face au rapide changement de climat. S'ils n'ont pas cette capacité, cela pourrait entraîner d'énormes conséquences pour les services écosystémiques, depuis la pollinisation



Diptère de l'Extrême-Arctique (mouche), photographié dans l'île Bylot, Nunavut. Photo : Christopher M. Buddle.

jusqu'à l'alimentation d'espèces fauniques très précieuses.

Nous proposons d'accroître l'effort visant à encourager la recherche collaborative qui nécessite l'intervention d'experts de différentes disciplines, y compris des entomologues, climatologues et écologues. Cela nous donnerait une perspective holistique de l'environnement complexe de l'Arctique et augmenterait notre capacité de prédire (donc, de planifier en conséquence) les changements environnementaux ainsi que les réactions de la faune qui modèleront les systèmes arctiques à l'avenir. Idéalement, nous devrions avoir un réseau d'établissements de recherche, d'acquisition de données à long terme et de programmes de suivi semblable au réseau EXAMINE consacré à la surveillance des aphides partout en Europe.

Dernièrement, on a noté un certain progrès pour la mise en place d'un réseau panarctique, notamment durant la quatrième année polaire internationale. Le projet ArcticWOLVES (www.cen.ulaval.ca/arcticwolves/fr_intro.html), qui s'intéresse aux espèces fauniques, prévoit également l'étude des éléments importants du réseau trophique, y compris les liens qui existent entre la phénologie des arthropodes et les oiseaux insectivores. Le Programme sur la Biodiversité Nordique (www.northernbiodiversity.com), qui

réalise des sondages à grande échelle sur 12 sites dans le Nord boréal, la zone subarctique et l'Extrême-Arctique, s'appuie sur l'Inventaire des insectes du Nord de 1947–1963, dont les données historiques élaborées pour tout le Nord pourraient nous aider à comprendre les effets du changement de climat sur les arthropodes de l'Arctique.

Nous devons faire des études non seulement pour déterminer comment les espèces particulières réagissent au changement de climat, mais aussi sur les réactions de celles avec lesquelles elles interagissent – notamment celles concernées par une relation spécifique d'hôte – et sur les effets des processus et services écosystémiques. Les arthropodes sont un élément crucial des réseaux trophiques des écosystèmes arctiques. On devrait les étudier conjointement avec les végétaux, les oiseaux, les mammifères et les autres organismes importants qui se trouvent affectés par le changement de climat.

Bref, les arthropodes de l'Arctique sont fascinants, importants sur le plan écologique et représentent une grande proportion de la biodiversité dans le Nord. Ils présentent une gamme d'adaptations des cycles biologiques qui les rend particulièrement aptes à vivre dans des condi-

tions environnementales rigoureuses et forment la base de nombreux réseaux trophiques dans l'Arctique. Ils seront probablement très affectés par le changement de climat, et nous devrions nous intéresser de près à leur sort.

Louise Leborgne (étudiante du premier cycle, biologie de la faune), Crystal Ernst (candidate au doctorat, écologie des insectes) et Christopher M. Buddle (professeur associé, écologie des insectes) sont au Département des sciences des ressources naturelles à l'Université McGill.

Références

- Birkmoe, T., et H.P. Leinaas, 2000. Effects of temperature on the development of an arctic Collembola (*Hypogastrura tullbergi*). *Functional Ecology* 14: 693–700.
- Bowden, J.J., et C.M. Buddle, 2010. Spider assemblages across elevational and latitudinal gradients in the Yukon Territory, Canada. *Arctic*: 63 261–272.
- Callaghan, T.V., et al., 1992. Responses of terrestrial plants and invertebrates to environmental change at high-latitudes. *PTRSLSBS* 338: 279–288.
- Coulson, S.J., et al., 2000. Experimental manipulation of the winter surface ice layer: the effects on a high arctic soil microarthropod community. *Ecography* 23: 299–306.
- Hodkinson, I.D., et al., 1998. Global change and arctic ecosystems: conclusions and predictions from experiments with terrestrial invertebrates on Spitsbergen. *Arctic and alpine research* 30: 306–313.
- Hoye, T.T., et al., 2009. Climate change and sexual size dimorphism in an arctic spiders. *Boil Lett.* 5: 542–544.
- Hughes, J., et al., 2009. Is there a cost of parasites to caribou? *Parasitology* 136: 253–265.
- Parmesan, C., et G. Yohe, 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.

Pour obtenir la liste complète des références, veuillez communiquer avec Christopher M. Buddle (chris.buddle@mcgill.ca).

L'étudiante diplômée Anna Solecki utilise un filet fauchoir à Iqaluit, Nunavut. Photo : Christopher M. Buddle.



D'ÉTUDIANTE À CHERCHEURE : LEÇONS D'UN STAGE EN RECHERCHE NORDIQUE DU CRSNG

Jana Tondou

Même si je suis nouvelle parmi les chercheurs nordiques, je ne suis pas une nouvelle venue dans le Nord et je sais à quel point il est important que les chercheurs établissent des liens solides avec les gens des collectivités nordiques. De longs séjours dans le Nord sont nécessaires pour établir la confiance, créer des partenariats de collaboration et ouvrir des perspectives d'échange de connaissances.

Paul Nadasdy illustre dans son ouvrage *Hunters and Bureaucrats*, de quelle façon naissent les difficultés et les luttes si la confiance n'a pas été établie entre les chercheurs et les membres des Premières nations locales, aboutissant finalement à un échec de l'intégration des connaissances et à une perte de confiance. Le succès du nouveau paradigme de la recherche nordique, dans lequel on insiste sur la recherche coopérative et reflétant les priorités nordiques, dépendra du niveau de confiance établi entre les chercheurs et les collectivités locales. Wolfe *et al.* (2011) précisent comment les participants à un projet de recherche nordique multidisciplinaire financé par le programme du Canada pour l'Année polaire internationale (API) et intitulé « Environmental Change and Traditional Use of the Old Crow Flats in Northern Canada » ont travaillé de concert avec la collectivité d'Old Crow, au Yukon, pour établir la confiance et intégrer les priorités nordiques dans la conception de la recherche.

Toutefois, le temps et le coût font qu'il est difficile de passer de longues périodes dans le Nord. Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) du Canada a créé le Programme de stages en recherche nordique (SRN) afin de permettre aux nouveaux chercheurs nordiques de demeurer plusieurs mois dans des collectivités du Nord. Il y a plusieurs années, Ann Balasubramaniam, qui faisait partie de mon groupe de laboratoire, a obtenu une bourse pour un SRN à Old Crow. Son expérience, qu'elle a décrite dans un article du *Méridien* (Balasub-

ramaniam, 2009) a renforcé les relations entre les chercheurs et la collectivité et a eu des aspects positifs durables tant sur ses progrès en recherche que dans les relations avec la collectivité. Inspirée par son exemple, j'ai posé ma candidature au programme et obtenu par la suite une bourse de SRN à Whitehorse de mai à septembre 2010. Cette bourse supposait la collaboration avec Parcs Canada, un partenariat avec le Collège du Yukon et un échange de connaissances avec la collectivité d'Old Crow.

COLLABORATION AVEC PARCS CANADA

Mon projet, qui faisait partie du projet de l'API mentionné précédemment, comprend la mise en œuvre d'un programme de surveillance hydro-écologique nordique dans les plaines d'Old Crow (faisant partie du Parc national Vuntut) qui recevra l'appui de Parcs Canada et du gouvernement des Gwitchin Vuntut (GGV) dans l'avenir. Comme la majorité des collectivités nordiques, la Première nation des Gwitchin Vuntut s'inquiète de l'intégrité écologique de son territoire traditionnel et des répercussions du changement climatique sur la santé et l'avenir de ses membres. Au centre de ces préoccupations se retrouvent des observations récentes de baisse des niveaux des lacs et d'accélération du taux de changement dans les plaines d'Old Crow. Pour Parcs Canada, en raison de lacunes importantes dans ses programmes de surveillance actuels, il est impossible d'établir la façon effective l'état de l'écosystème aquatique et d'évaluer de quelle façon il change au fil du temps. Le programme de surveillance fait appel à une approche en trois volets pour répondre à ces questions en analysant ce qui suit : 1) les isotopes de l'eau pour mesurer l'équilibre hydrique des lacs; 2) les algues pour surveiller les conditions limnologiques et 3) la paléolimnologie pour préciser de quelle façon les conditions hydrologiques et écologiques ont changé au fil du temps.

Le personnel de Parcs Canada (principal intéressé) et le GGV ont exprimé la nécessité d'un programme de surveillance répondant aux besoins spécifiques des deux organismes, tout en surmontant les défis logistiques que suppose la surveillance dans le Nord. Dans les régions éloignées comme les plaines d'Old Crow, l'accès au site ne peut se faire que par hélicoptère et bateau (pourvu que les niveaux d'eau soient suffisamment élevés). La plupart des quelque 2700 petits lacs thermokarstiques ne sont accessibles que par hélicoptère, de sorte que cela est très coûteux. Faire voyager des chercheurs des institutions du Sud pour se rendre dans le Nord est également coûteux financièrement et en temps, particulièrement dans le contexte d'un programme de surveillance annuelle; toutefois, les partenariats entre les universités, les organismes nordiques et les collectivités peuvent permettre de surmonter ces difficultés. Permettre aux organismes et collectivités du Nord de mettre en œuvre leurs propres programmes de surveillance, simples et scientifiquement enrichissants, renforce davantage la capacité d'assumer localement l'intendance des terres.

Ma première campagne sur le terrain – deux courts voyages à Old Crow en juin et en août 2010 pour recueillir des échantillons – m'a difficilement laissé assez de temps pour collaborer efficacement avec mes partenaires locaux, surtout le personnel de Parcs Canada. La mise en œuvre d'un programme solide de surveillance à long terme exigerait davantage de temps et d'engagement. J'espérais laisser un véritable « héritage de savoir » afin d'aider les gens du Nord à mieux comprendre les changements dans l'écosystème et élaborer une stratégie efficace d'intendance des écosystèmes à cet égard pour réunir l'information nécessaire à des décisions stratégiques avisées. En même temps, j'espérais élargir mon réseau de collègues dans le Nord, rétablir des liens antérieurs et en apprendre davantage sur la collectivité d'Old

Crow. Pour parvenir à ces objectifs, j'ai décidé de passer du temps supplémentaire dans le Nord en travaillant avec Ian McDonald, l'écologiste surveillant le Parc national Vuntut, pour mettre en œuvre le programme de surveillance.

Ian travaille à partir du bureau principal à Whitehorse et malgré nos horaires très différents pour la campagne sur le terrain à Old Crow — en fait, des horaires diamétralement opposés — nous avons pu nous entendre et planifier des stratégies de mise en œuvre du programme de surveillance, particulièrement pour ce qui est de se préparer au défi éventuel des fluctuations budgétaires. Au cours de l'été, j'ai élaboré un cadre d'analyse dégageant les principaux intervenants, les buts, les solutions de rechange logistique à l'échantillonnage et les coûts et avantages connexes du programme de surveillance hydroécologique. Ce cadre permettra de veiller à ce que les gestionnaires disposent des connaissances dont ils ont besoin pour prendre des décisions éclairées si les changements dans les priorités gouvernementales ont des répercussions sur leur financement.

De plus, nos rencontres avec le personnel de Parcs Canada et du gouvernement des Vuntut Gwichin ont fait ressortir un grand besoin de transfert de connaissances des chercheurs au personnel qui s'occupera de l'échantillonnage. Nous avons invité le personnel de Parcs Canada sur le terrain pour acquérir une expérience directe du programme de surveillance. Nous avons utilisé un bateau de Parcs Canada pour aller au lac Mary Netro et invité le personnel à nos voyages en hélicoptère de juin et d'août à destination des plaines d'Old Crow, pour apprendre à maîtriser les méthodes d'échantillonnage (figure 1). Ces voyages ont grandement facilité le transfert des connaissances au personnel actuel de Parcs Canada, mais un taux de roulement élevé du personnel signifie que, souvent, le savoir se perd lorsque l'employé s'en va. Il fallait une source plus tangible d'information pour aider les nouveaux employés à acquérir les méthodes appropriées d'échantillonnage sur le terrain et maintenir la continuité. J'ai mis au point un manuel des méthodes de terrain en collaboration avec l'écologiste contrôleur, qui s'est assuré que le



guide répondait aux besoins du public visé. Le manuel, intitulé *Northern hydroecological monitoring in the Old Crow Flats (Vuntut National Park): A guide to field methods*, a été publié dans la base de données interne du centre d'information sur les écosystèmes (CIE) de Parcs Canada. Le fait de travailler avec l'écologiste contrôleur à la préparation de ce manuel a grandement augmenté ma capacité à concevoir des documents transmettant des méthodes de terrain scientifiques dans une langue facile à comprendre. Le résultat final était un document qui sera utile au personnel du parc, non seulement dans le Parc national Vuntut, mais également dans d'autres parcs nordiques.

ÉTABLISSEMENT D'UN PARTENARIAT AVEC LE COLLÈGE DU YUKON

L'une des exigences du programme SRN est un partenaire nordique qui offrira le soutien en nature. Le Northern Research Institute (NRI), qui fait partie du Collège du Yukon, a accepté d'être mon partenaire nordique, pour faciliter et soutenir le stage. À titre d'ancienne élève du Collège du Yukon, établir un lien entre un projet de recherche nordique et le NRI, à savoir un partenariat mutuellement avantageux qui se poursuivra probablement, a été enrichissant pour moi. Lors-

Figure 1

Diplômées de l'Université de Waterloo (Jana Tondou et Ann Balasubramaniam) et un employé de Parcs Canada (David Frost) au lac Mary Netro, préparant le déploiement des échantillonneurs d'algue. Les moustiques étaient également de la partie, ce jour-là, mais nous étions prêts, bien que David n'ait pas semblé être ennuyé. Photo : Leila Sumi, Parcs Canada.

que les résultats du projet de recherche seront disponibles, j'agirai comme conférencière en classe, à l'école des sciences, des métiers et de la technologie du Collège et je donnerai une présentation publique à l'Institut des sciences du Yukon.

Le fait de demeurer et de travailler au Collège du Yukon au cours du stage m'a donné une perspective plus large de la recherche dans le Nord. Un professeur et deux diplômés de mon *alma mater* — l'Université Wilfrid Laurier — qui font de la recherche dans la région de Kluane, m'ont invitée à une expédition en voiture le long de la route de l'Alaska, pour m'entretenir de leurs recherches et d'autres projets. J'ai eu la chance de visiter le camp archéologique établi dans la collectivité (Little John) pour en savoir davantage sur la recherche ethnographique et archéologique dans le bassin hydrographique du Upper Tanana. Situé à la frontière entre l'Alaska et le Yukon juste à l'extérieur du village de Beaver Creek, l'anthropologue du Collège du Yukon, Norm Easton, a travaillé et collaboré efficacement avec la Première nation de White River afin de

documenter la culture et l'histoire de la région. Il était pour moi évident que les liens solides entre les chercheurs et la collectivité locale ne s'étaient pas créés du jour au lendemain, mais étaient plutôt le fruit de plus de 20 ans de recherche persistante, de consultations de la collectivité et de participation des chercheurs dans les activités locales.

ÉCHANGÉ DE CONNAISSANCES AVEC LA COLLECTIVITÉ D'OLD CROW

Parmi toutes les expériences enrichissantes que j'ai eues pendant mon stage, la plus mémorable a été de travailler dans un camp scientifique pour les enfants à Old Crow. L'objet du camp scientifique est d'établir des liens entre les manières traditionnelles de savoir et la science par l'apprentissage direct et axé sur la terre. Les élèves sont guidés vers des méthodes pertinentes d'apprentissage afin de pouvoir devenir de futurs meneurs de la collectivité et des intendants de la terre. Depuis quatre ans, le gouvernement des gv a financé et coordonné ce camp pour les enfants de neuf à 14 ans d'Old Crow. Le camp se tient à l'extérieur du village afin d'offrir aux élèves la

possibilité de constater que la science n'est pas aussi ardue qu'ils le croient et qu'elle peut être appliquée à ce qu'ils savent déjà.

Puisque j'habitais à Whitehorse, le coordonnateur du camp scientifique m'a demandé si j'étais intéressée à participer à la coordination du camp et à me charger de la partie « sciences ». J'ai accepté avec enthousiasme, mais je n'avais jamais participé à un camp scientifique auparavant et ne savais absolument pas quoi faire. Fort heureusement, le camp Science Quest du Collège du Yukon se poursuivait et le moteur de recherche Google m'a aidé à trouver les Water Source Books de l'Agence américaine de protection de l'environnement, d'où j'ai pu tirer quelques excellentes idées. J'ai préparé un atelier scientifique et de petites activités, par exemple fabriquer des lampes de lave et des fours solaires et des structures techniques avec de la guimauve et des spaghettis, pour divertir et renseigner. Les préparatifs pour toutes ces activités se sont déroulés à Whitehorse,

Figure 2

Collecte d'invertébrés d'eau douce dans un étang près du camp. Les élèves ont appris comment utiliser une épuisette pour recueillir des échantillons et se servir des pincettes pour capturer des spécimens à ramener pour analyse au laboratoire du camp. Photo : Jana Tondur.



car la plus grande partie de ce dont j'avais besoin n'était pas disponible à Old Crow et j'ai pu placer tout cela à bord de l'avion (Merci, Air North!). J'ai également fait appel au Collège du Yukon en tant que promoteur : l'École des sciences, des métiers et de la technologie a prêté du matériel de terrain et le Centre d'innovation technologique, la Librairie du Collège et le Service des relations et du développement du Collège ont donné des prix.

Cette année, le camp scientifique a eu lieu sur la rivière Porcupine, aux cabanes de l'école, connues sous le nom de Caribou Lookout. Les garçons et les filles sont divisés en deux groupes distincts et séjournent au camp quatre jours et trois nuits. Les enfants campent tous dans la cabane avec un conseiller de camp (un jeune plus âgé qui apporte son aide dans le camp) et les coordonnateurs du camp, le cuisinier et l'intendant du camp s'installent dans des sacs de couchage, dans des tentes. Les garçons et les filles participent aux mêmes activités scientifiques, mais acquièrent des formes différentes de savoir traditionnel pendant le camp. Ainsi, les filles ont appris diverses choses concernant les petits fruits et la façon de parer le poisson et les garçons ont appris comment ramasser des perches sur la rivière et monter des tentes de toile.

L'intégration du savoir traditionnel des membres de la collectivité locale dans les activités scientifiques que j'ai fournies était un véritable symbole de partage de connaissances. Ainsi, au cours d'une journée, avec les filles, nous avons remonté la rivière Porcupine jusqu'au camp de Mary-Jane et George Moses pour apprendre comment parer le poisson, cuire du pain bannock, apprendre à connaître les plantes médicinales et cueillir des petits fruits (le fruit de la ronce remarquable ou baie à saumon est de loin mon préféré maintenant). Le jour suivant, nous avons discuté des autres formes d'énergie et les enfants en savaient déjà beaucoup à ce propos. Nous avons fait des fours solaires à l'aide de cartons à pizza vides et fait des pita-pizzas que nous avons placées dans les cartons en laissant le soleil faire le reste. La plupart doutaient de cette idée et auraient plutôt voulu une véritable pizza mais, oh surprise, l'expérience était un succès ... et le fromage a même fondu!

Tandis que nous attendions que les pizzas cuisent, nous avons commencé un atelier de bio-surveillance que j'avais conçu et avons discuté de la façon dont les invertébrés benthiques et autres organismes, par exemple les algues que je recueille pour mes recherches de maîtrise en sciences, peuvent servir à mesurer la santé des écosystèmes aquatiques. Au départ, nous allions évaluer l'état de santé de la Porcupine en prélevant des échantillons de divers types de macro-invertébrés, toutefois, le niveau des eaux inhabituellement élevé en raison de fortes précipitations a inondé la rive, rendant le prélèvement d'échantillons impossible. Avec un peu de chance et un peu de planification pour éventualités, nous avons trouvé un étang juste derrière le camp, où nous avons pu prendre des échantillons afin de préciser les types d'invertébrés benthiques qui habitent la région d'Old Crow.

Les élèves ont eu beaucoup de plaisir à apprendre comment utiliser l'épuisette pour recueillir des spécimens à analyser (figure 2). Les garçons ont été vivement intéressés en observant les relations prédateur-proie, s'exclamant à quel point c'était « cool » tandis qu'ils observaient une très grosse larve de dytique chasser et capturer des nymphes de libellule. Après avoir cueilli nos échantillons, nous sommes retournés au labora-

toire du camp où nous avons appris comment identifier les invertébrés que nous avons trouvés (figure 3). Cette activité s'est vraiment bien déroulée et les élèves étaient très étonnés d'apprendre que l'énorme prédateur, la larve de dytique, deviendrait, à l'état adulte, un insecte très petit et d'aspect très différent. Je m'étais munie de fioles et d'agents de conservation afin que chaque élève puisse conserver un des invertébrés qu'il avait trouvés et j'ai également donné un échantillon de chaque invertébré au professeur de sciences de la collectivité pour les mettre en montre à l'école.

Tout au long du camp scientifique, les gens d'Old Crow venaient en visite et partageaient certaines de leurs connaissances avec les élèves ou s'arrêtaient simplement pour casser la croûte et prendre le thé. Je me souviens avec attendrissement de l'interaction entre l'un des enfants les plus jeunes du camp et un visiteur. Le garçon s'escrimait pour fabriquer un arc, comme les autres garçons plus âgés, jusqu'à ce qu'on lui montre comment trouver la branche appropriée et comment la sculpter. Le séjour au camp était une excellente façon d'apprendre à connaître les gens de la collectivité et de préparer la scène pour le partage des connaissances. Plus particulièrement, j'ai beaucoup appris sur l'histoire de la région d'Old Crow. J'ai même trouvé certains arte-

facts archéologiques sur l'escarpement près du camp et un membre de la collectivité a découvert une pointe de flèche. L'une des choses les plus pratiques que j'ai apprises au camp des sciences était la considération de la collectivité pour les chercheurs et à quel point ils apprécient les connaissances qu'ils peuvent transférer à la collectivité. J'ai été étonnée de constater que la collectivité me percevait comme un « chercheur », terme que je réservais généralement à mon surveillant.

En tant que nouvelle diplômée, je m'étais étiquetée « étudiante » et n'avais pas beaucoup réfléchi à l'idée que, en fait, j'étais une chercheuse. Ce concept s'était installé en moi progressivement lorsque quelques membres du Conseil des ressources renouvelables sont venus au camp. L'un des membres a expliqué à quel point les plaines d'Old Crow (Old Crow Flats) sont importantes pour les Gwitchin Vuntut, le « peuple des lacs ». Il a précisé à quel point les chercheurs sont vraiment les bienvenus sur leurs terres et dans la collectivité, pour les aider à comprendre de quelle façon les plaines changent. Il a insisté auprès des jeunes pour rappeler à quel point la scolarité est importante, pour qu'ils puissent apprendre à connaître la terre et, un jour, devenir chercheurs, comme moi. Avant ses propos, je ne me sentais pas vraiment à ma place mais, par la suite, j'ai

Figure 3

Identification des invertébrés aquatiques au laboratoire du camp. Nous avons utilisé des contenants à œufs en plastique et des plateaux à glaçons comme porte-insectes et des loupes manuelles pour observer la structure des spécimens individuels. Les élèves ont relevé six familles différentes : nymphes de libellule (*odonatidés*, *libellulidés*), les larves prédatrices de dytique et les adultes (*dytiscidés*), les moucheronnets (*chaoboridés*), les araignées d'eau (*gerridés*) et les larves de demoiselles. Photo: Jana Tondou.





Figure 4

De gauche à droite : les chercheuses Jana Tondou et Ann Balasubramaniam, avec l'employée de Parcs Canada, Leila Sumi, à l'endroit où elles ont fait escale pour recueillir des données sur le climat dans une station météorologique lors des travaux sur le terrain, en juin, dans la plaine Old Crow. Photo : Jana Tondou.

constaté que j'avais été invitée à Old Crow parce que je possédais des connaissances que je pourrais transmettre aux élèves. J'étais arrivée au camp des sciences en me sentant étudiante et j'en suis sortie en me voyant comme un chercheur.

Le fait de séjourner pendant une longue période dans le Nord et de passer du temps avec les gens de l'endroit en dehors de mes propres recherches a prouvé à la collectivité que j'étais engagée et dévouée à l'égard du projet. En retour, les membres de la collectivité ont été très accueillants et réceptifs à mon projet. Quand je suis allée discuter avec l'un des membres du Conseil des ressources renouvelables venu au camp des sciences parce que sa cabane est située à proximité de l'un des lacs où j'ai prélevé des échantillons, il m'a appris que le lac, que je connaissais sous le nom de OCF 49, s'appelait en fait le lac Marten, et il m'a généreusement offert d'entreposer son canoë à proximité pendant l'hiver afin que je puisse l'utiliser l'été prochain.

Je crois fermement que les séjours prolongés dans le Nord sont essentiels pour les chercheurs. Les contacts interpersonnels, dans le Nord, sont un aspect important et essentiel du tissu culturel et ne peuvent être développés qu'en personne. Passer du temps dans la collectivité et collaborer avec les gens du Nord qui ont un intérêt véritable pour la recherche nordique laissera un

legs précieux pour les futurs chercheurs et citoyens du Nord. Le programme des SRN est l'une des seules ressources dont disposent les étudiants pour les aider à effectuer des séjours prolongés dans le Nord, mais il se terminera probablement en mars 2011. Il sera donc encore plus difficile de mener à bien des recherches coopératives reflétant véritablement les priorités du Nord. La nécessité de former des chercheurs (étudiants) nordiques hautement qualifiés a été clairement établie par l'API — l'un des grands objectifs de l'API était de former une nouvelle génération de chercheurs polaires — et la Stratégie du Canada pour le Nord, publiée en 2009, met l'accent sur le leadership en sciences et en technologie. Nous sommes une nation nordique et les ressources comme le programme SRN sont nécessaires pour veiller à ce que se poursuivent dans le Nord des recherches de calibre mondial.

Remerciements

Sur tous les plans, je suis reconnaissante au CRSNG de consacrer des fonds aux programmes de stage en recherche nordique et je remercie Clint Sawicki du Northern Research Institute pour avoir fourni du soutien en nature. J'aimerais également remercier Ian McDonald de Parcs Canada pour son appui au stage et pour avoir pris le temps de me rencontrer. J'aimerais adresser un gros merci à Jessica Peters, qui m'a invitée à participer au camp des sciences et qui m'a laissée habiter chez elle. Merci aussi au GGV qui a appuyé ma participation au camp des sciences et payé mon vol de juillet à destination d'Old Crow. De vifs remerciements au Collège du Yukon pour m'avoir à nouveau accueillie, m'avoir prêté le



Figure 5

Discussion sur les bonnes méthodes d'échantillonnage et la façon d'assembler les appareils de prélèvement d'algues, au lac Mary Netro. De gauche à droite : David Frost (Parcs Canada), les chercheuses Jana Tondou et Ann Balasubramaniam, Jeffrey Peter (Parcs Canada). Photo : Leila Sumi, Parks Canada.

matériel et avoir donné des prix. J'adresse également mes remerciements à Scott Slocombe, qui m'a conduite à Beaver Creek et au Northern Research Institute. Enfin, mais non les moindres, merci à mes superviseurs, Brent Wolfe et Roland Hall, qui m'ont encouragée à faire un stage de recherche dans le Nord.

Jana Tondou est étudiante en maîtrise à la faculté de biologie de l'Université de Waterloo.

Bibliographie

- Balasubramaniam, A.M., 2009. Points saillants d'un stage en recherche nordique à Old Crow, Yukon. *Méridien*, printemps-été : 14-18.
- Nadasdy, P., 2003. Hunters and Bureaucrats: Power, knowledge, and aboriginal state relationships in the southwest Yukon. Vancouver, UBC Press.
- Wolfe, B.B., M.M. Humphries, M.F.J. Pisarcic, A.M. Balasubramaniam, C.R. Burn, L. Chan, D. Cooley, D.G. Froese, S. Graupe, R.I. Hall, T. Lantz, T.J. Porter, P. Roy-Léveillé, K.W. Turner, S.D. Wesche et M. Williams, 2011. Environmental change and traditional use of the Old Crow Flats in Northern Canada: An IPY opportunity to meet the challenges of the new northern research paradigm. *Arctic* (sous presse).

LE PROGRAMME DE FORMATION DES ENSEIGNANTS DU NORD DE L'UNIVERSITÉ DE BRANDON : FORMATION ET APPRENTISSAGE BILATÉRAUX

Lynn Whidden

Après avoir passé plusieurs décennies à voyager et enseigner dans le Nord canadien, ma réflexion sur le programme de formation des enseignants du Nord de l'Université Brandon (BUNTEP) me semble étrange. À mon avis, les lacunes du programme peuvent être considérées comme ayant contribué à sa réussite.

La principale caractéristique de ce programme (nombre d'étudiants qui le suivent sont autochtones) est le fait qu'il soit offert dans les collectivités locales, au nord du Manitoba. Nous décernons des diplômes de premier cycle en arts et en éducation à des étudiants qui souvent ne répondent pas aux exigences des universités pour l'admission aux cours. Mais comme on leur offre un soutien supplémentaire, à la fin de leurs études ils ont censément acquis des aptitudes égales à celles des diplômés d'établissements conventionnels.

Eh bien oui, lorsqu'ils terminent leurs études les jeunes ont des connaissances et aptitudes considérables, mais les critiques ont raison quand ils signalent les lacunes du programme, notamment en ce qui concerne les aptitudes à la communication. Je leur réponds que nombre de ces lacunes sont en réalité des différences culturelles et que, tant que nous offrirons nos cours dans les collectivités, ces différences existeront. Certains rétorqueront que la culture autochtone dans le Nord est surtout une culture de pauvreté résultant d'un siècle et demi de colonialisme et que les normes sur l'éducation doivent être universelles. En fait, la vérité en ce qui concerne la vie des Autochtones dans notre monde moderne se situe probablement quelque part entre ces pôles d'opinion : les particularités de la vie des Autochtones et des non-Autochtones sont maintenant intimement liées, et pour être efficace un programme d'éducation doit tenir compte de cette réalité. Pour expliquer pleinement la question, voici quelques points que j'ai notés lors de mes contacts avec un groupe de Cris, les *Iiyiyuu* du Nord du Québec.

Pendant des générations, les Cris ont vécu dans la région subarctique en groupes familiaux propices à la chasse, qui parlaient surtout la langue algonquienne. Dans les années 1970, l'un de ces groupes établis à Fort George a été réinstallé à Chisasibi, au Québec, à cause de l'aménagement d'une centrale hydroélectrique sur la rivière La Grande. Mais j'ai remarqué que même après avoir été transplantés dans un milieu moderne, les gens parlaient surtout des animaux et de la chasse. Pourtant, comme on pouvait s'y attendre, ils connaissaient bien le mode de vie des gens du Sud puisqu'ils avaient côtoyé des commerçants de fourrures, des missionnaires et des fonctionnaires des gouvernements (Whidden, 2007).

Même s'ils chassent encore beaucoup pour s'alimenter, le piégeage ne leur permet plus de gagner leur vie, et dans les années 1980 leur ancien mode de vie n'avait plus la cote. Maintenant, le nord des provinces du Canada est sillonné par des routes (bon nombre sont des voies toutes saisons). La plupart des collectivités bénéficient des services aériens quotidiens, et les moyens modernes de communication relient toutes les collectivités au monde extérieur. Les biens et services venant du Sud sont fort recherchés, et les gens y vont souvent. Avec des collègues, je suis allée à Winnipeg, à environ 600 milles au sud, en roulant sur des routes qui n'étaient pas toujours à la hauteur. Souvent, les voyageurs partent le vendredi, après les cours, et reviennent tard le dimanche, pour pouvoir aller travailler le lundi. Certains jeunes sont envoyés à l'extérieur de leur réserve pour faire leurs études secondaires, et beaucoup vont à l'université, à Winnipeg et dans d'autres villes. Souvent, les personnes qui ont été formées dans le Sud restent dans le Sud.

L'enseignement dans les réserves n'est pas conforme aux normes nationales (Bureau du vérificateur général du Canada, 2000). Pourtant,

même après l'énorme déception à l'égard des pensionnats, les gens estiment encore que les écoles et les enseignants de leur localité travaillent pour leur bien. Ils souhaitent aller à l'école et à l'université. Dans la déclaration historique de 1971 intitulée *Wahbung – Our Tomorrows*, la Manitoba Indian Brotherhood a affirmé que les peuples autochtones du Manitoba croient en l'éducation (p. 116), et on constate cet intérêt pour l'éducation quand on sait que les bandes consacrent une grande part de leur budget aux étudiants qui fréquentent l'université, y compris ceux qui suivent les programmes d'accès de l'Université de Brandon. Résultat : dans le Nord du Manitoba, une grande partie des enseignants du niveau élémentaire (jusqu'à 60 % dans certaines collectivités) sont des diplômés d'un programme d'accès de l'Université de Brandon.

Pourquoi cette très petite université (environ 3000 étudiants) a-t-elle tant de succès dans la formation d'enseignants autochtones pour les écoles du Nord du Manitoba? À l'évidence, les professeurs de l'université de Brandon (comme leurs homologues partout dans le monde) sont animés de l'esprit d'activisme social qui a commencé à paraître dans les années 1960. Cet intérêt s'est manifesté tôt : dans les années 1970, ils appliquaient un programme menant à un diplôme appelé IMPACTE (le précurseur du BUNTEP) conçu à l'intention des Autochtones des endroits éloignés, presque inaccessibles. Mais je pense que l'université doit en grande partie son succès à sa petite taille : elle est en mesure de personnaliser ses produits et de répondre avec souplesse aux besoins et demandes extraordinaires des étudiants des collectivités.

Je note que les étudiants du Nord gardent, d'une manière subtile mais primordiale pour leur éducation, leur personnalité autochtone qui est différente de celle des non-Autochtones. Ils sont calmes quand ils entrent dans les salles de cours et

en sortent (plus souvent!). Contrairement aux habitudes de la société non autochtone où le temps est primordial, pour les Autochtones les périodes de cours sont fixées de manière à convenir à tout le monde. Les étudiants regardent et écoutent sans faire de bruit, parlent à voix basse, et il n'y a guère de réactions visibles. En deux décennies, je n'ai jamais entendu d'exclamations bruyantes. On note le désir de faire juste le nécessaire pour réussir, une économie d'efforts dans tous les domaines. La tolérance à l'égard des faiblesses humaines est grande, mais pas illimitée. Le soutien à ceux qui en ont fort besoin, sur le plan émotionnel et matériel, est considérable.

D'un autre côté, en ce nouveau millénaire, les étudiants autochtones sont aussi à la mode, voire davantage, que les étudiants non autochtones, même s'ils préfèrent encore les couleurs sobres. Ils ont tous un téléphone cellulaire et un ordinateur portable. En fait, je pense qu'ils figurent parmi les étudiants les plus branchés au monde. Ils ne sont pas enracinés dans l'histoire occidentale. La plupart des foyers ne possèdent qu'un petit nombre de livres, qui proviennent de la sélection limitée parfois offerte dans le magasin local.

Mais tous les ménages ont la télévision, et de plus en plus de gens souscrivent au service internet. En réalité, l'écart d'alphabétisation entre les étudiants autochtones et leurs homologues non autochtones (dont le niveau de compétences diminue) s'amenuise, car partout les jeunes veulent explorer leur milieu par des moyens technologiques, et non par la lecture. Et enfin, ils peuvent faire preuve d'humour dans presque toutes les situations. En somme, on peut dire que les salles de cours montrent un système non hiérarchique, qui cadre parfaitement avec les termes utilisés par Colin Scott pour décrire la société crie, mentionnée ci-dessus, comme étant moins hiérarchique et dépourvue du système de contrôle centralisé des sociétés non autochtones (Scott, 1996).

J'estime que l'environnement physique demeure le principal impulseur de la personnalité des gens du Nord. En fait, s'ils sont privés de leurs terres, ils perdent les qualités précitées, qui les distinguent en tant qu'Autochtones. Si de nos jours la chasse n'est peut-être plus attrayante pour les jeunes générations, on peut dire que les jeunes entretiennent des liens avec la terre, grâce à leur connaissance permanente des anciennes cou-

tumes et à leur croyance à cet égard. Cette connaissance est en grande partie une connaissance mentale présumée dont on ne parle guère, mais l'intérêt pour les récits et les pratiques de l'ancien temps demeure, comme pour la langue. La science occidentale et les avantages observables de la technologie exercent un attrait dans les collectivités, mais les gens hésitent à s'engager pleinement si ces avantages vont à l'encontre du savoir traditionnel sur l'environnement local. On peut se demander si de telles vérités sont nécessaires à la survie dans cet environnement. En tout cas, je constate que les gens réagissent avec scepticisme à mes déclamations sur la valeur de la science et j'estime cette réaction valable.

Grâce aux cours offerts dans les collectivités, le BUNTEP maintient cet héritage implicite. Pourtant, je l'ai rarement entendu dire. Cela contraste avec le programme de l'Université de Brandon pour les Hutteriens (BUHEP) qui défend énergiquement la volonté de maintenir le mode de vie des colonies et, dans une certaine mesure, applique ce principe. La vision du monde des Autochtones (exposée ci-dessus) est peut-être en grande partie plus difficile à concrétiser. Et il ne



fait aucun doute que chaque fois qu'ils en avaient l'occasion les non-Autochtones ont essayé d'intégrer les Autochtones dans l'ensemble de la société occidentale, souvent par la contrainte. Certaines tentatives d'éloigner des gens de leur patrimoine autochtone ont été fructueuses. À preuve, l'accroissement de la classe moyenne dans les villes, du taux d'emprisonnement des Autochtones et de leur recours aux services sociaux.

Les chefs autochtones et les politiciens reconnaissent bien les différences, mais bon nombre défendent la survie et le bien-être de leur peuple en recourant à des tactiques populistes – manifestations de pouvoir et d'agressivité. Ils appuient les manifestations externes grandioses, comme les powwows, les casinos et les tenues flamboyantes qui, pour les Autochtones du Nord, ne présentent aucun intérêt, en plus de provoquer la moquerie. Même si j'admets la nécessité d'engager une action politique, j'estime qu'il existe un moyen plus efficace de demeurer autochtone, comme le montre le BUNTEP dans son message : bâtissez votre collectivité et éduquez-y vos enfants. Quand les étudiants autochtones demeurent dans leur milieu pour y faire leurs études, leur vision du monde se manifeste dans les qualités précitées, souvent intangibles, qui sont transmises d'une génération à l'autre.

Mais les éducateurs doivent chercher à savoir s'il vaut la peine de préserver les qualités autochtones traditionnelles, si différentes de celles des sociétés modernes. Et surtout se demander si ces qualités donnent aux jeunes la possibilité de bien vivre, compte tenu de l'oppression de l'extérieur qui a duré si longtemps. J'estime qu'il vaut la peine de s'y attacher. La dominance des non-Autochtones s'atténue avec l'amplification de la crise environnementale, car les occidentaux envisagent sérieusement d'autres façons de vivre sur la planète. Le fait que cette vision nordique du monde se maintient malgré la douleur causée par le choc des cultures prouve bien sa force et son

avantage adaptatif pour le long terme. En dehors de l'environnement créé par la modernité, les Autochtones du Nord ont vécu leur vie en étant tout à fait conscients de l'environnement naturel local (en fragile équilibre) auquel ils estimaient appartenir. Lisez les textes sur les mythes de la création ! Compte tenu de leurs constantes humilité et résilience (qui s'oppose au désir de dominer), du changement vs la stase, et vu les liens qu'ils entretiennent avec leur famille et leur milieu, ces populations pourraient être celles de l'avenir.

On constate leur attachement à l'ancienne mentalité dès qu'on s'approche d'une réserve. À ce jour, malgré la construction d'au moins un nouveau gros bâtiment (l'école de la localité) l'architecture humaine ne domine pas encore l'environnement naturel. Il n'y a pas d'anciens bâtiments solides, ni de clôture de fer ou de monuments consacrés aux héros du passé. Leur milieu n'affiche pas la similitude monotone due aux rigides codes du bâtiment, et on n'y trouve pas de rectangles de gazon vert. Les bâtiments semblent en tout temps pouvoir se confondre avec la forêt, les rivières et les roches. En réalité, peu de gens considèrent leur domicile comme l'endroit où ils passeront toute leur vie, ce qui rappelle qu'autrefois il fallait chaque année construire une nouvelle maison avec les matériaux de la forêt, lorsqu'on suivait les animaux. À certains endroits, on voit des chevaux (et depuis quelque temps des porcs) circuler dans le voisinage, ce qui semble plutôt insolite. Partout on voit des chiens, et je pense que les gens les considèrent comme des animaux sauvages ratés (les animaux sauvages sont très estimés) dont ils détestent la dépendance à l'égard des humains. En peu de temps, même les bâtiments officiels deviennent des signes du milieu. Le weekend qui a suivi le 11 septembre 2001, pendant que nous attendions sur tarmac dans une localité du Nord, nous regardions les grands corbeaux qui ouvraient des sacs de croustilles qu'on n'avait pas encore pu livrer. Au-dessus du comptoir d'enregistrement, il y avait des icônes du saint chrétien de la localité, et on entendait continuellement des gens qui riaient ou faisaient des blagues.

Dans quelle mesure le BUNTEP, à des centaines de milles au sud, a-t-il modelé la vision du monde dans cette région ? À mon avis, il l'a fait en grande partie par inadvertance. Et quand on le constate on n'en parle guère, car nous ne sommes pas fiers du fait que, malgré nos efforts, nombre de nos diplômés, même s'ils possèdent le savoir, ne se sont jamais pliés aux protocoles d'enseignement du Sud.

Les employés sont presque tous des non Autochtones (cela me semble révélateur de la réticence des Autochtones à s'intégrer au monde non autochtone). Pourtant, en général les professeurs du BUNTEP qui ont du succès sont non-conformistes (souvent des personnes issues de groupes minoritaires ou des femmes qui ne s'adaptaient pas aux campus des années 1970 et 1980). À tout le moins, on peut dire qu'ils acceptent davantage les différences, et bon nombre d'entre eux font plus que le nécessaire pour comprendre leurs étudiants et leur rendre service.

La plupart recherchent le savoir-faire local pour l'intégrer à leurs cours – la forme des paysages pour la géologie, les audiences juridiques et les assemblées politiques pour les études autochtones, les récits oraux pour les cours d'anglais, etc. Le vocabulaire utilisé pour l'enseignement change, tout comme le contenu des cours. Le professeur David Westfall, par exemple, a compilé un recueil d'idiomes non autochtones incompréhensibles pour les gens du Nord (Westfall, 1995). Comme je l'ai déjà dit, en peu de temps les professeurs apprennent qu'il vaut mieux commencer à enseigner quand tous les élèves sont présents, et non pas à une heure arbitraire. Ils apprennent à adapter l'horaire des cours selon les conditions climatiques extrêmes et en fonction des pénuries de carburant qui paralysent le transport, mais surtout en tenant compte des veilles mortuaires et funérailles, auxquelles tous doivent assister pour se soutenir mutuellement. Si les aléas des horaires de cours sont faciles à accepter, les inconvénients physiques, comme l'absence d'installations sanitaires à l'intérieur (ou plus

souvent, les pannes du matériel) le sont moins. Mais on parle de ces sujets avec beaucoup d'humour, et on vient même à bien connaître les gens qui vivent dans des conditions semblables.

Par ailleurs, des coordonnateurs des centres universitaires sont chargés de s'occuper des installations et d'aider les étudiants à étudier et les enseignants à enseigner. Le contraste entre les centres qui ont un coordonnateur local et ceux qui recourent à un coordonnateur de l'extérieur saute aux yeux. Les coordonnateurs locaux ne se soucient guère de l'apparence du centre, et souvent la station radio locale apporte une continue ambiance sonore. On sait quelle heure il est quand on écoute la musique présentée sur les ondes – les aînés animent les émissions du matin, et les jeunes prennent l'antenne plus tard. Les coordonnateurs locaux créent une ambiance informelle, décontractée, où l'on fait face calmement à toutes sortes de problèmes pour ensuite les résoudre d'une manière mesurée et réfléchie (ou non). À l'inverse, les coordonnateurs de l'extérieur se soucient beaucoup de l'ordre, de l'organisation pour ce qui est des livres et ouvrages de référence et aussi des cartes géographiques et messages éducatifs sur les murs. D'habitude, ils ont une attitude plus critique et ils agissent rapidement pour résoudre les problèmes. Malgré le comportement informel des coordonnateurs locaux, le bâtiment du BUNTEP est un lieu solitaire, et j'ai remarqué que les gens de la réserve ne visitent pas les centres.

J'estime qu'en quatre décennies les programmes d'accès de l'Université de Brandon ont eu du succès parce qu'ils sont éloignés du lieu de supervision et parce que les règles ne sont pas assujetties à la nécessité de gérer un grand nombre de personnes. Les exigences locales demandent des ajustements à tous les niveaux si l'on veut que nos étudiants réussissent. Les employés de bureau du BUNTEP sont régulièrement appelés à servir de médiateurs dans les questions qui relèvent du personnel administratif d'un campus, comme l'inscription des étudiants, les notes fournies trop tard ou manquantes (et les étudiants!). Quand les factures demeurent impayées ou ne sont pas

payées à temps, le système vacille. Au début, quand le personnel du BUNTEP avait hâte de montrer des résultats aux collectivités, souvent les nouveaux cours étaient offerts avant que le sénat de l'université les ait approuvés et parfois les étudiants terminaient ces cours avant d'y être inscrits (Nicol, 2006).

L'objectif officiel du BUNTEP est de donner une perspective de l'éducation centrée sur les collectivités, mais personne n'aurait pu prédire à quel point la présence des Autochtones allait changer le contenu et la structure des programmes de l'université malgré les efforts déployés pour appliquer un système qui respecte les horaires et les règles. En 2007, j'ai écrit ce qui suit : « Chaque promotion de diplômés autochtones change le système ainsi que l'approche utilisée par leurs professeurs (Whidden, 2007) » [traduction]. Cela me rappelle Robert Pirsig qui, dans son livre intitulé *Lila*, affirmait que c'est grâce à la population autochtone que l'Amérique du Nord est différente de l'Europe :

Les fiches indiquaient continuellement les différences entre la culture européenne et celle des Indiens ainsi que leurs effets, et avec l'augmentation du nombre de fiches, une thèse corollaire secondaire a pris forme : ce processus de diffusion et d'assimilation des valeurs indiennes n'est pas terminé. Il est à l'origine d'une bonne partie de l'inquiétude et de l'insatisfaction constatées en Amérique de nos jours. Ces valeurs opposées s'affrontent encore dans l'esprit de chaque Américain ». [traduction].

Même si cette citation est maintenant désuète, j'estime que les différences demeurent et que les Autochtones qui veulent s'instruire dans les institutions non autochtones ainsi que les éducateurs de ces institutions seront toujours confrontés au dilemme qu'implique le désir de satisfaire les deux populations. Mais il est évident que

les programmes flexibles comme le BUNTEP constituent un modèle valable : les étudiants obtiennent leur diplôme, et à la collation des grades, parents et amis, avec les leaders des collectivités, contents d'avoir des enseignants dans leur milieu, viennent en grand nombre pour célébrer leur réussite.

Lynn Whidden est ethnomusicologue et professeure du programme de formation des enseignants du Nord de l'Université de Brandon.

Références

- Manitoba Indian Brotherhood. *Wahbung – Our Tomorrows*. Winnipeg, 1971.
- Mendelson, Michael. *Improving education on Reserves: A First Nations Education Authority Act*. Caledon Institute 2008.
- Nicol, Garry D. *BUNTEP An Historical and Theoretical Study of the Brandon University Northern Teacher Education Project from Infancy through Maturity: 1974 to 1990*. Dissertation de doctorat, Université de Brandon, Brandon Manitoba, 2006.
- Bureau du vérificateur général du Canada, 2000. *Rapport du vérificateur général du Canada, 2000*. www.oag-bvg.gc.ca.
- Pirsig, Robert. *Lila: An Inquiry into Morals*. Bantam Books, New York, 1991.
- Scott, Colin. Science for the West, Myth for the Rest? The Case of James Bay Cree Knowledge Construction. Dans : *Naked Science*. Laura Nader, éd. Routledge, New York, 1996.
- Westfall, David. *English-Island Lake Dictionary of Idioms*. Blue Sky Publishing, Brandon, Manitoba, 1995.
- Whidden, Lynn. *Essential Song Three Decades of Northern Cree Music*. Presses de l'Université Wilfred Laurier, Waterloo, 2007.

CRITIQUE DE LIVRE

Bernard J. Brister

The Canadian Forces and Arctic Sovereignty: Debating Roles, Interests, and Sovereignty 1968-1974, par Whitney Lackenbauer et Peter Kikkert, éd. Wilfrid Laurier University Press, 2010. 398 p., 34,95 \$, couverture souple. ISBN : 9781926804002.

Dans la présente critique, je suis passé par diverses phases, notamment enthousiasme et déception, depuis que j'ai accepté de l'écrire à l'automne de 2010. L'enthousiasme initial pour cet critique d'un nouveau travail sur un thème touchant vraiment mon intérêt professionnel et personnel s'est transformé en déception quand le livre est arrivé par le courrier et que j'ai constaté qu'il se composait surtout de documents de recherche extraits d'archives. Après plus ample examen, toutefois, mon intérêt a été stimulé, car je souhaitais mener une évaluation de la contribution intellectuelle et universitaire que ce travail pouvait apporter au corpus des connaissances. Je me dois de dire que mon sentiment initial de déception et de doute concernant cette contribution n'est pas fondé et que l'œuvre constitue un ajout intéressant et de valeur aux connaissances sur ce thème.

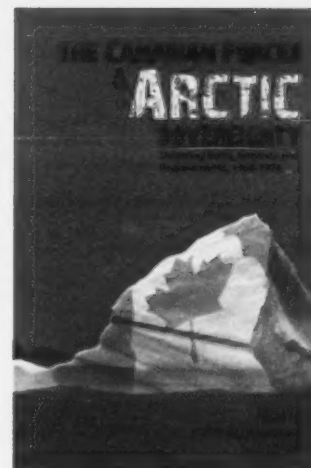
Le livre contient une mine de renseignements et d'orientations, tant pour les néophytes de l'Arctique que les chercheurs d'expérience. On ne peut trouver la véritable valeur du travail sans soigneusement tenir compte de chacun de ses composants principaux. De la sorte, la critique et l'analyse du livre porteront sur chacun des principaux chapitres de l'ouvrage, de l'introduction aux documents de recherche eux-mêmes, sans oublier la postface, le chapitre des lectures supplémentaires et l'index.

L'orientation principale de l'ouvrage, l'introduction et les documents de recherche eux-mêmes établissent un excellent contexte historique et des liens clés et des comparaisons avec les préoccupations contemporaines qui reflètent, comme le mentionnait M. Huebert dans sa postface, de quelle façon exactement des choses sans

importance ont changé au fil des ans. L'introduction soulève et analyse dans un ordre approximativement chronologique et thématique, les principaux aspects du rôle des forces militaires dans l'Arctique correspondant aux documents eux-mêmes dans les chapitres qui suivent. L'introduction contribue également à la mine de renseignements et à la bibliographie de recherche au moyen de nombreuses notes de pied de page appuyant les observations et l'analyse de l'époque.

L'introduction s'amorce par un aperçu de l'historique des préoccupations canadiennes en matière de souveraineté. Cela comprend l'absence de ces préoccupations dans la période suivant immédiatement l'après-guerre, qui a par la suite donné naissance à de graves préoccupations tandis que se développait l'époque de la Guerre froide et que les capacités des sous-marins nucléaires des grandes puissances faisaient des eaux de l'Arctique des zones d'importance stratégique. Les débats sur les modalités exactes à retenir pour faire valoir la souveraineté ont amené à des discussions sur la contribution des militaires à cet objectif. Inévitablement sont venues des discussions à savoir quelle était exactement l'utilité que les militaires pouvaient avoir dans cette situation, car une confrontation directe avec n'importe quelle grande puissance n'était pas perçue comme une solution viable par aucun gouvernement canadien.

L'auteur de l'ouvrage documente bien l'évolution des intérêts et de la rhétorique des Américains concernant les revendications canadiennes et leur influence sur les relations globales Canada-États-Unis en matière de sécurité et les liens de cela avec les préoccupations de sécurité géopolitique et stratégique des deux pays. Est également abordée dans ce chapitre la genèse des préoccupations canadiennes actuelles concernant la pollution de l'environnement, l'exploitation des ressources stratégiques et l'immense potentiel économique de la région à titre de route de passage du commerce mondial. Un aspect particulièrement intéressant, en ce qui a trait à l'évolution de la réflexion militaire sur la souveraineté dans l'Arctique, est l'évolution parallèle, mais pas nécessairement congrue, des efforts diploma-



tiques et des stratégies du Canada. Sur l'horizon visé par l'étude et dans l'évolution subséquente de la politique canadienne, cela allait de négociations calmes à des déclarations publiques plus visibles et à l'engagement de ressources et à la modification des priorités de dépenses du gouvernement. Cette plus grande visibilité de la réaction canadienne est perçue avant tout comme une réponse au développement d'une tendance plus affirmative, voire agressive des mesures et politiques des Américains à mesure que grandissaient leurs intérêts dans l'Arctique, qui passaient de négligeables à appréciables, englobant la sécurité stratégique, la mobilité et le titre sur les ressources.

Lorsque cette réaction plus bruyante n'a pas permis au Canada d'atteindre ses objectifs, il y a eu changement, sous le gouvernement du premier ministre Trudeau, vers une protection environnementale, à savoir protéger l'Arctique à titre de gardien de l'environnement de la région au nom du monde. Ce changement a évolué en une recherche de souveraineté fonctionnelle : contrôle sur l'utilisation des eaux, par opposition à une déclaration pure et simple de propriété. Cette approche est répercutée aujourd'hui dans la présentation du Canada aux termes de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS), qui doit être déposée en 2013, pour préciser la superficie de son plateau continental étendu et il semble que ce soit une stratégie tenace et pouvant tenir.

Même le changement de stratégie, de l'approche purement souverainiste à celle de gardien de l'environnement mondial, a entretenu le dé-

bat national non résolu sur le rôle des militaires canadiens. Cela était particulièrement problématique compte tenu du fait qu'à l'époque, le plus grand contestataire semblait être les États-Unis, dont les intérêts régionaux et environnementaux sont semblables à ceux du Canada. Dans cet embrouillamini, les rédacteurs ont inséré une mise en doute du concept global du recours à la force militaire pour atteindre les objectifs canadiens, signée par Eric B. Wanger, qui prétend que l'usage de la force militaire peut même nuire à la cause de la souveraineté canadienne.

Le sous-texte de l'ensemble de l'analyse fait ressortir le message global qu'essaient de transmettre les rédacteurs, à savoir que la stratégie canadienne et son volet militaire, quel qu'il soit, devraient faire l'objet d'un processus prudent de réflexion. La combinaison d'un exposé introductif et de la documentation justificative qui suit répond certainement à l'objectif déclaré d'offrir une source partielle, mais révélatrice, de renseignements sur les enjeux entourant le rôle des militaires dans la souveraineté sur l'Arctique canadien, pendant cette période critique.

Ma première réaction, en constatant qu'une postface de Rob Huebert avait été insérée, était que c'était une façon originale d'obtenir une critique avant le critique par l'une des grandes autorités du domaine et en fait, c'était exactement cela. Cette conclusion tirée, j'ai résolu de ne pas lire ses réflexions, observations et recommandations avant d'avoir fait ma propre critique et ma propre évaluation. Je dois dire avec plaisir que les réflexions de M. Huebert sont assez différentes des miennes que nous faisons tous deux ressortir les points forts de l'ouvrage, sans nous répéter, et suffisamment analogues pour que je ne me sente pas obligé de réévaluer mes propres observations et réflexions. Je ne sais pas pour quelle raison ses recommandations n'ont pas été intégrées en avant-propos, mais leur présence dans l'ouvrage sert sans le moindre doute la fin visée, à savoir recommander le livre au lecteur.

Le chapitre sur les lectures supplémentaires est une contribution à la fois intéressante et précieuse à l'utilité globale de l'ouvrage. Les rédacteurs ont offert aux étudiants de premier cycle

et autres nouveaux venus dans ce domaine un résumé de base mais précieux de ce qui s'est publié de pertinent. Ces ouvrages sont un excellent point de départ pour ceux qui étudient sérieusement l'Arctique canadien et qui veulent inclure dans leurs programmes de recherche la question de la souveraineté dans l'Arctique.

L'index de l'ouvrage est un élément essentiel à son utilité globale en tant que ressource de recherche pour les lecteurs, quels que soient leur niveau d'intérêt et leur compétence. Nombre de lecteurs compulseront l'ensemble de l'ouvrage pour avoir un aperçu général du thème et de l'époque, mais ces mêmes personnes et un important groupe d'autres se reporteront à l'index pour localiser les documents de référence qui touchent leur propre intérêt en recherche scientifique, la question du jour ou leur projet. De la sorte, le fait que l'index soit complet et détaillé a été un aspect essentiel de mon évaluation globale de l'ouvrage.

À la lecture de plusieurs des notes bibliographiques et à l'examen de leur traitement dans l'index, j'ai pu voir clairement que les rédacteurs ont fait du bon travail en indexant les mots clés du document. La valeur et l'utilité de l'ouvrage auraient toutefois pu être meilleures s'ils avaient choisi d'aller au-delà des normes rigides de l'index et inséré des renvois aux concepts, aux idées, aux politiques mentionnés ou abordés dans les articles. Étendre l'index au-delà de ces limites quelque peu traditionnelles aurait ajouté de la valeur à un aspect déjà précieux de l'ouvrage.

Dans l'ensemble, le livre de Lackenbauer et Kikkert est une contribution importante au corpus des connaissances en pleine évolution sur l'Arctique canadien en général et en particulier les aspects militaires de cette question. L'introduction offre un résumé efficace de la politique et des activités canadiennes dans une époque qui est essentielle pour comprendre ce qui a transpiré au cours des 36 années écoulées depuis. Le choix des documents de recherche offre aux nouveaux venus et aux chercheurs chevronnés un aperçu efficace de ce qui est disponible dans les archives et un document de référence pratique pour certains des enjeux et points de vue clés de l'époque.

Les éléments présentés après les docu-

ments de recherche ajoutent à la valeur essentielle de l'ouvrage. La postface du M. Huebert donne un point de vue de plus et le chapitre des lectures supplémentaires et l'index offrent tous deux des recherches et une bibliographie précieuses reliant l'information du livre à son contexte global et faisant en sorte qu'il deviendra un document de référence pratique et d'usage courant. L'ouvrage *The Canadian Forces and Arctic Sovereignty* est un livre précieux qui apporte une contribution importante à la recherche sur l'Arctique canadien.

Le major Bernard J. Brister est professeur adjoint, Politiques et économie et détenteur de la chaire des études militaires et stratégiques au Collège militaire royal du Canada.

NOUVEAUX LIVRES

La femme de la mer : Sedna dans le chamansme et l'art inuits de l'Arctique de l'Est, par Frédéric Laugrand et Jarich Oosten. Les Éditions Liber. ISBN : 978-2-89578-209-4

«Cet ouvrage se penche sur [les chamans] et sur le monde non humain avec lequel ils entraient en contact. Parmi les êtres «imaginaires» qui peuplent ce monde, il y a Sedna, la femme de la mer, personnage central de nombreux récits inuits, dont les auteurs examinent ici les variantes et les épisodes. Ils accompagnent leur parcours de nombreuses oeuvres d'artistes inuits contemporains qui donnent forme aux multiples transformations de Sedna et qui attestent en même temps de la profonde influence qu'exerce encore l'ancêtre tradition chamannique.»

(Les Éditions Liber)

Making a Living: Food, Place, and Economy in an Inuit Community, par Nicole Gombay. Purich Publishing. ISBN : 9781895830-590.

«[L'auteure], qui cite les propos de résidents des localités et s'inspire de textes didac-

tiques se demande comment certains Inuits vivent l'inclusion du concept de marché dans leur économie basée sur le partage. Son étude vise la communauté inuite de Puvirnituq, mais les sujets qu'elle traite concernent aussi nombre de collectivités autochtones aux prises avec la question de savoir comment intégrer les particularités d'une économie monétisée à leurs propres notions sur la façon d'évoluer en tant que société. Ainsi elles créent de nouvelles façons d'assurer leur subsistance, même en s'efforçant de maintenir les méthodes appliquées depuis longtemps. » [traduction] (Purich Publishing)

Acts of Occupation: Canada and Arctic Sovereignty, 1918-25, par Janice Cavell et Jeff Noakes. Presses de l'Université de la Colombie-Britannique. ISBN : 9780774818674.

« *Acts of Occupation* décortique le récit fort absorbant qui explique comment l'ambition égocentrique de l'explorateur Vilhjalmur Stefansson a amené le Canada à concevoir et à défendre une politique décisive concernant ses revendications sur l'Arctique. Les historiens Janice Cavell et Jeff Noakes, qui ont consulté une multitude d'archives jamais utilisées, notamment les textes privés des explorateurs Shackleton, Rasmussen et Stefansson, montrent comment la paranoïa non justifiée à propos des aspirations des Danois relativement au Nord, entretenue par le fait que Stefansson avait délibérément occulté ses propres motifs et les peurs du fonctionnaire James Harkin, a été le catalyseur de l'occupation de l'Arctique par le Canada à des fins administratives. » [traduction] (Presses de l'UCB.)

HORIZON

68^e Assemblée annuelle du Colloque de l'Est sur la neige

Montréal, Québec

14-16 juin 2011

www.easternsnow.org/annual_meeting.html

7^e conférence de l' International Arctic Social Sciences Association (ICASSVII) – perspectives circumpolaires en dialogue mondial :

les études sociales au delà de l'API

Akureyri, Islande

22-26 juin 2011

iaassa.org/icass-vii

« POAC 2011 » :

21^e conférence internationale sur la génie portuaire et océanique dans les conditions arctiques

Montréal, Québec

10-14 juillet 2011

poac11.com

13^e Conférence sur les ongulés arctiques : défis de la gestion des ongulés nordiques

Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest

22-26 août 2011

www.auc2011.ca

MÉRIDIEN

est publié par la Commission canadienne des affaires polaires.

ISSN 1492-6245

© 2011 Commission canadienne des affaires polaires

Rédacteur : John Bennett

Traduction : Gérard-R. Verreault, Suzanne Rebetez, John Bennett

Conception graphique : Eiko Emori Inc.

Commission canadienne des affaires polaires

Bureau 1710, Constitution Square

360 rue Albert

Ottawa, Ontario K1R 7X7

Tél. : (613) 943-8605

Sans frais : 1-888-765-2701

Téléc. : (613) 943-8607

Courriel : mail@polarcom.gc.ca

www.polarcom.gc.ca

Le *Méridien* est imprimé sur du papier certifié par le Forestry Stewardship Council.

Les opinions exprimées dans ce bulletin ne reflètent pas nécessairement celles tenues par la Commission canadienne des affaires polaires.

L'abonnement à *Méridien* est gratuit. Pour vous faire inscrire sur la liste des envois postaux, veuillez communiquer avec la rédaction.